

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 6 月 7 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 1 5 9 2 7 0 号

出 願 人

Applicant (s):

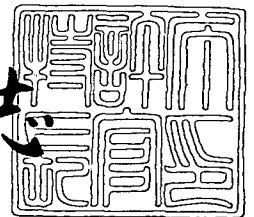
オリンパス光学工業株式会社



1 9 9 9 年 7 月 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平 1 1 - 3 0 4 8 0 1 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P01020

【提出日】 平成11年 6月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 27/02

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目 4 3 番 2 号  
                        オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 平田唯史

【特許出願人】

    【識別番号】 000000376

    【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100097777

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 荻澤 弘

【選任した代理人】

    【識別番号】 100088041

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092495

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092509

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光断層診断装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コヒーレンス長が短い光源から射出された低コヒーレンス光を信号光側と参照光側に分け、信号光を観察物体に照射した後、再び信号光を参照光と合成させて干渉系を構成し、干渉信号を取るときに、参照光側又は信号光側に光路長可変光学系を設けて光路長を変化させることにより観察物体の断層構造を観察できるようにした光診断装置において、

前記光路長可変光学系は、前記光路長可変光学系に光を導くための導入用シングルモード光ファイバーと、その導入用シングルモード光ファイバーからの光をコリメートするためのコリメータレンズと、略平行な光を集光するための集光レンズと、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーと、互いに平行な面を持った光学素子で構成され、前記光路長可変光学系を通過する光は、少なくとも前記の互いに平行な面を持った光学素子を遇回数通過するようになっており、かつ、前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようになっている光学系であることを特徴とする光断層診断装置。

【請求項 2】 前記光路長可変光学系は、

前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーを兼用させたシングルモード光ファイバーと、前記コリメータレンズと前記集光用レンズを兼用させた正レンズと、前記の互いに平行な面を持った光学素子と、光を元きた方向へ反射する光学素子の順に構成され、

前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、前記シングルモード光ファイバーから出た光が再び前記シングルモード光ファイバーに戻るまでの光路長を変化させるようにした光学系であることを特徴とする請求項 1 記載の光断層診断装置。

【請求項 3】 前記光路長可変光学系は、

光を前記光路長可変光学系に導くための導入用シングルモード光ファイバーと

、コリメータレンズと、少なくとも 1 群の光路長可変光学素子群と、集光レンズと、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーの順で構成され、

前記光路長可変光学素子群は、互いに平行な面を持った第 1 の光学素子と、互いに平行な面を持っており第 1 の光学素子と屈折率が同じで平行になっている面の面間隔が等しい部材でできている第 2 の光学素子とで構成され、

前記光路長可変光学素子群の中の第 1 の光学素子の平行な面と第 2 の光学素子の平行な面を互いに反対の方向に同じ角度で回転させることによって、前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようにした光学系であることを特徴とする請求項 1 記載の光断層診断装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光断層診断装置に関し、特に、低コヒーレント光を用いた光断層診断装置システムにおける光路長を変えるための光学系に関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、OCT（光断層診断装置）と言われる可干渉距離が短い低コヒーレンス光を用いた生体の断層構造を観察する装置が開発されている。

##### 【0003】

低コヒーレンス光を用いた断層構造の観察には、低コヒーレンス光を発生させる光源からの光を信号光と参照光とに分離し、信号光を測定対象に照射した後、測定対象からの反射光を再び参照光と合成し、両者の光の干渉信号を検出する方法を用いる。このとき、信号光と参照光の光路長が一致したところだけ干渉信号が得られるので、参照光側又は信号光側の光路長を変化させることによって測定対象の観察している場所をスキャンしているのと同じ効果が得られ、測定対象の断層構造を観察することが可能となる。

##### 【0004】

図19は、従来のOCTを内視鏡に応用したものの1例の構成を示す図である。低コヒーレンス光源1からの光はシングルモード光ファイバー2に結合され、カップラー3の位置まで導かれる。カップラー3により光は信号光側と参照光側とに分離される。分離された参照光側の光はシングルモード光ファイバー2で光路長可変光学系4の位置まで導かれる。光路長可変光学系4から戻された光は再びシングルモード光ファイバーでカップラー3の位置まで導かれる。一方、信号光側に分離された光は参照光側とは別のシングルモード光ファイバー2で信号光側先端光学系5まで導かれ、そこから被写体Oに照射され、さらに被写体Oから反射され、再び信号光側先端光学系5、シングルモード光ファイバー2を通過してカップラー3で参照側から戻ってきた光と合成される。合成された参照側と測定側の戻り光はシングルモード光ファイバー2でディテクター6まで導かれ、ディテクター6で干渉信号を検出する。

## 【0005】

図20は従来の参照光側の光路長可変光学系の1例の構成を示す図である。光路長可変光学系は、カップラー3から光路長可変光学系へ光を導くためのシングルモード光ファイバー2と、コリメータレンズ7と、ミラー8と、ミラー駆動装置9からなっている。ミラー8はミラー駆動装置9にマウントされており、ミラー駆動装置9によってミラー8の位置が光軸方向に変化するようになっており、その結果、シングルモード光ファイバー2の端部とミラー8間の光路長が変化するようにになっている。ミラー8を光軸方向に駆動させる方法としては、PZT等の圧電素子を用いる方法が一般的である。

## 【0006】

その他の従来の参照光側の光路長可変光学系の例としては、K. F. Kwong et. al, Opt. Lett. 18, 558~560 (1993)の光路長可変光学系がある。この光路長可変光学系は、回折格子とガルバノミラーとフーリエ変換レンズとで構成され、ガルバノミラーの傾きを光軸に対して変化させることで、波長毎に位相の変化を与え、結果として光学系内の光の群速度を変化させることで見かけ上の光路長を変化させるものである。図21は、このK. F. Kwong等の光路長可変光学系を、内視鏡に使いやすいようにシングルモー

ド光ファイバーと結合させたものである。K. F. K w o n g 等の光学系では、回折格子 10 に入射させる光は平行光であることが望ましいが、シングルモード光ファイバー 2 から射出される光は一般的には広がりを持つ。そこで、この光学系では、回折格子 10 に平行光を当てるためのシングルモード光ファイバー 2 と回折格子 10 の間にコリメータレンズ 7 を設けてシングルモード光ファイバーからの光を略平行にしている。フーリエ変換レンズは符号 11 で、ガルバノミラーは符号 12 で示してある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従来、OCT は、網膜の断層診断、摘出標本等の比較的動きが遅いものが観察の対象になっていたが、近年では、OCT を内視鏡を用いて、生体の胃や腸の断層映像を動画で直接見て癌の進達度等を診断しようとするニーズが高まってきており、非常に高速でスキャン範囲が比較的広い光路長可変光学系が望まれている。

【0008】

ミラーを光軸方向に駆動するタイプの従来例では、低速でスキャンする場合は比較的広い範囲をスキャンすることができるが、高速でスキャンする場合はミラーの慣性の影響が大きくなり、スキャン範囲が広く取れないという不具合がある。

【0009】

また、ガルバノミラーを使ったタイプの従来例では、ガルバノミラーの傾斜角は小さくても光路長のスキャン幅を大きく取れるので、高速なスキャニングが可能である。しかし、図 21 のように、このタイプの光路長可変光学系とシングルモード光ファイバー 2 とコリメータレンズ 7 を結合させた場合は、ガルバノミラー 12 の傾きを実線の状態から点線の状態のように変化させると、シングルモード光ファイバー 2 に戻る光も実線から点線のようになり、シングルモード光ファイバー 2 へ入射角が変化するため、シングルモード光ファイバー 2 を通過した後の光の強度が変化してしまうという不具合があった。また、ガルバノミラー 12 が温度によって特性が変化しやすく、このため、スキャン範囲が時間がたつとず

れてきてしまいやすいという欠点があった。

【0010】

本発明は従来技術の上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高速で、スキャン範囲が広く、光の強度の変化が少なく、温度特性が安定な光路長可変光学系を得て、食道や胃、腸等の良好な断層の動画を得ることである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成する本発明の光断層診断装置は、コヒーレンス長が短い光源から射出された低コヒーレンス光を信号光側と参照光側に分け、信号光を観察物体に照射した後、再び信号光を参照光と合成させて干渉系を構成し、干渉信号を取るときに、参照光側又は信号光側に光路長可変光学系を設けて光路長を変化させることにより観察物体の断層構造を観察できるようにした光診断装置において、

前記光路長可変光学系は、前記光路長可変光学系に光を導くための導入用シングルモード光ファイバーと、その導入用シングルモード光ファイバーからの光をコリメートするためのコリメータレンズと、略平行な光を集光するための集光レンズと、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーと、互いに平行な面を持った光学素子で構成され、前記光路長可変光学系を通過する光は、少なくとも前記の互いに平行な面を持った光学素子を遇数回通過するようになっており、かつ、前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようになっている光学系であることを特徴とするものである。

【0012】

この場合、光路長可変光学系を、

導入用シングルモード光ファイバーと取り出し用シングルモード光ファイバーを兼用させたシングルモード光ファイバーと、コリメータレンズと集光用レンズを兼用させた正レンズと、互いに平行な面を持った光学素子と、光を元きた方向へ反射する光学素子の順に構成され、



互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、シングルモード光ファイバーから出た光が再びシングルモード光ファイバーに戻るまでの光路長を変化させるようにした光学系とすることができる。

【 0 0 1 3 】

また、光路長可変光学系を、

光を光路長可変光学系に導くための導入用シングルモード光ファイバーと、コリメータレンズと、少なくとも 1 群の光路長可変光学素子群と、集光レンズと、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーの順で構成され、

光路長可変光学素子群は、互いに平行な面を持った第 1 の光学素子と、互いに平行な面を持っており第 1 の光学素子と屈折率が同じで平行になっている面の面間隔が等しい部材でできている第 2 の光学素子とで構成され、

光路長可変光学素子群の中の第 1 の光学素子の平行な面と第 2 の光学素子の平行な面を互いに反対の方向に同じ角度で回転させることによって、導入用シングルモード光ファイバーと取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようにした光学系とすることができる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

まず、本発明における光路長可変の原理について説明する：

図 1 に示すように、平面 A から垂直に平行光が射出され、屈折率  $n$ 、厚さが  $d$  の平行平板ガラス 2 1 を通り、平面 A に平行な平面 B の達するものを考える。平行平板ガラス 2 1 は X 軸方向と平行な直線を軸として回転するようになっている。ただし、平面 A から射出される光の方向を Z 軸、Z 軸に垂直な方向を X 軸、Y 軸とする。

【 0 0 1 5 】

平行平板ガラス 2 1 の法線の Z 軸に対する傾きを単に平行平板 2 1 の傾きと言うことにする。平行平板 2 1 の傾きが 0 の場合は、図 1 のように光は屈折されずに真っ直ぐ進むが、平行平板 2 1 が傾いたとき、光線は図 2 のように平行平板ガラス 2 1 の入射面と射出面で屈折する。このとき、ガラス 2 1 の入射面と射出面は互いに平行になっているので、ガラス 2 1 に入射する前の光とガラス 2 1 から

射出した後の光はY軸方向にずれが生じるが、互いに平行になっている。

【0016】

平行平板ガラス21の傾きが0のときの平面Aから射出された光が平面Bに達するまでの光路長 $L(0)$ を基準として、平行平板ガラス21の傾きが $\theta$ のとき平面Aから平面Bに到達する光路の光路長 $L(\theta)$ は次のような関係にある。

【0017】

$$L(\theta) = L(0) + d \{ 1 - n - \cos \theta + (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \} \dots (1)$$

したがって、平行光線と平行平板ガラス21の法線の角度が0のときと $\theta$ のときの光路長差 $\Delta L$ は、

$$\begin{aligned} \Delta L &= L(\theta) - L(0) \\ &= d \{ 1 - n - \cos \theta + (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \} \dots (2) \end{aligned}$$

となる。

【0018】

また、平行平板ガラス21通過前の光線に対する平行平板ガラス通過後のY軸方向のシフト量 $\Delta Y$ は、

$$\Delta Y = d \cdot \sin \theta \{ 1 - \cos \theta / (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \} \dots (3)$$

となる。

【0019】

このように、光線に対して平行平板ガラス21の傾きを変化させると、光路長を変化させることができるが、平行平板ガラス21を1枚のみを使用した場合には、Y軸方向に光線がシフトしてしまう（Y方向シフトと呼ぶことにする。）。しかし、光線のY方向シフトは、屈折率と厚さが互いに等しい平行平板に光を偶数回通過させるとキャンセルすることができる。

【0020】

図3は、この方法の構成を具体的に示したものである。面Aからは垂直な方向に平行光が射出され、射出された平行光は第1平行平板ガラス21<sub>1</sub>、第2平行平板ガラス21<sub>2</sub>を通過し、平面Bに到達するようになっている。第1平行平板

ガラス 2 1<sub>1</sub> と第 2 平行平板ガラス 2 1<sub>2</sub> は同じ屈折率で同じ厚さのものにして  
おき、第 1 平行平板ガラス 2 1<sub>1</sub> と第 2 平行平板ガラス 2 1<sub>2</sub> は同位相で互いに  
反対向きに傾斜又は回転するようになっている。すなわち、第 1 平行平板ガラス  
2 1<sub>1</sub> が入射光に対して  $\theta$  傾いたときに、第 2 平行平板ガラス 2 1<sub>2</sub> を  $-\theta$  傾く  
ようにしておく。このようにしておく、光は第 1 平行平板ガラス 2 1<sub>1</sub> の通過  
後 Y 軸方向に  $\Delta Y$  シフトされるが、第 2 平行平板ガラス 2 1<sub>2</sub> を通過することで  
今度は Y 軸方向に  $-\Delta Y$  シフトされるので、第 1 平行平板ガラス 2 1<sub>1</sub> に入射す  
る前の光線と第 2 平行平板ガラス 2 1<sub>2</sub> を通過した後の光線は、Y 軸方向の高さ  
のずれは平行平板ガラス 2 1<sub>1</sub>、2 1<sub>2</sub> の傾きによらず常に 0 になる。

【0 0 2 1】

このとき、光は平行平板ガラスを 2 回通ることになるので、厚さ  $d$ 、屈折率  $n$   
の平行平板ガラス 2 1<sub>1</sub>、2 1<sub>2</sub> の傾きが 0 のときと  $\theta$ （このとき、第 1 平行平  
板ガラス 2 1<sub>1</sub> の傾きは  $\theta$ 、第 2 平行平板ガラス 2 1<sub>2</sub> の傾きは  $-\theta$  になってい  
る。）のときの光路長差  $\Delta L$  は、

$$\Delta L = 2d \{ 1 - n - \cos \theta + (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \} \quad \dots (4)$$

となる。

【0 0 2 2】

ここでは、光は平行平板ガラスを 2 回しか通っていないが、このような光学系  
を直列に繋いで光が平行平板を偶数回通過するようにしてやれば、光線の Y 方向  
シフトを発生させないですむ。

【0 0 2 3】

また、光路長可変光学系への光の導入、及び、光路長可変光学系からの光の取  
り出しは、シングルモード光ファイバーを使用すると便利で、空気の乱れ等の影  
響を受け難くなるので、内視鏡では、光の光路長可変光学系への導入と光路長可  
変光学系からの取り出しには、シングルモード光ファイバーが使用される。

【0 0 2 4】

シングルモード光ファイバーを光路長可変光学系の導入と光路長可変光学系取  
り出しに使用する場合は、導入用シングルモード光ファイバーからの光を平行に

する正のパワーを持ったコリメータレンズを用い、平行になった光を取り出し用のシングルモード光ファイバーに結合するには、正のパワーを持った集光レンズを用いる。

【0025】

本発明は、以上のような原理に基づくものであり、このような構成をとること  
で、取り出し用のシングルモード光ファイバーに入射する光の位置と入射角度を  
変化させずに光路長を変化させることができるので、極めて安定した光路長可変  
光学系が構成できる。また、平行平板ガラスの回転は、平行平板ガラスの慣性軸  
と回転軸を一致させて回転させることによって高速に回転させることが可能とな  
り、生体内部の断層構造を動画で観察することができるようになる。

【0026】

【実施例】

以下、本発明の光断層診断装置の実施例 1～8 について説明する：

〔実施例 1〕

図 4、図 5 は、本発明の光断層診断装置及び光路長可変光学系の第 1 の実施例  
を示した図である。図 4 は光断層診断装置のシステムを示しており、図 5 は光断  
層診断装置の中の光路長可変光学系の部分を示している。本実施例の光断層診断  
装置のシステムは、マイケルソン干渉系を基本としている。

【0027】

この実施例において、低コヒーレンス光源 1 から出た光は第 1 シングルモード  
光ファイバー 2<sub>1</sub> を通ってオプティカルサーキュレーター 22 を通り、さらに第  
2 シングルモード光ファイバー 2<sub>2</sub> を経てカップラー 3 へ導かれる。カップラー  
3 で光は信号光側と参照光側に分けられる。

【0028】

信号光側の光は第 3 シングルモード光ファイバー 2<sub>3</sub> で信号光側先端光学系 5  
を経て測定対象 O に照射され、測定対象 O から戻ってきた光は再び信号光側先端  
光学系 5、第 3 シングルモード光ファイバー 2<sub>3</sub> を経てカップラー 3 まで戻って  
くる。

【0029】

一方、カップラー 3 で分けられた参照光側の光は第 4 シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> で光路長可変光学系 24 まで導かれる。そして、光路長可変光学系 24 で光路長が変化させられた光は再び同じ参照光側の第 4 シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> を経てカップラー 3 まで戻ってくる。

【0030】

信号光側から戻ってきた光と参照光側から戻ってきた光はカップラー 3 で合成される。カップラー 3 で合成された干渉信号は、第 1 デテクター 6<sub>1</sub> 側の第 5 シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> とオプティカルサーキュレータ 22 側の第 2 シングルモード光ファイバー 2<sub>2</sub> とに分かれる。

【0031】

第 1 デテクター 6<sub>1</sub> 側の第 5 シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> へ向かった干渉光は、第 5 シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> を経て第 1 デテクター 6<sub>1</sub> で光強度の検出が行われる。一方、オプティカルサーキュレータ 22 側の第 2 シングルモード光ファイバー 2<sub>2</sub> の方へ向かった光は、オプティカルサーキュレータ 22 で第 2 デテクター 6<sub>2</sub> 側の第 6 シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> へ選択的に導かれて、第 2 デテクター 6<sub>2</sub> で光強度の検出が行われる。

【0032】

第 1 デテクター 6<sub>1</sub> と第 2 デテクター 6<sub>2</sub> は差分デテクターとなっており、干渉信号の成分のみが出力され、それ以外の成分は除去される。

【0033】

光路長可変光学系 24 は、図 5 に示すように、導入用シングルモード光ファイバーと取り出し用のシングルモード光ファイバーが兼用されたシングルモード光ファイバー（第 4 シングルモード光ファイバー）2<sub>4</sub> と、コリメータレンズと集光レンズが兼用された正レンズ 25 と、互いに平行な面を持っている光学素子である平行平板ガラス 21 と、光を元きた方向に反射する光学素子である平面ミラー 26 の順に構成されており、シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> から射出された光が正レンズ 25 で略平行にされ、平行平板ガラス 21 を通り、平面ミラー 26 で反射され、再び平行平板ガラス 21 を通り、さらに正レンズ 25 を通り、シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> に戻るように、シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> と

正レンズ 2 5 と平面ミラー 2 6 の光軸が合わせられている。また、平行平板ガラス 2 1 は光軸に垂直な方向を軸にして回転するようになっていて、これによってシングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> から出た光が再びそのシングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> に戻るまでの光路長を変化させる。

## 【 0 0 3 4 】

本実施例の構成で、光は平行平板ガラス 2 1 を偶数回通過しているのので、シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> に戻る光は平行平板ガラス 2 1 の回転によって位置が変わることはない。

## 【 0 0 3 5 】

平行平板ガラス 2 1 の平行な面の法線が光軸に対する角度が 0 のときの光路長と  $\theta$  のときの光路長の差  $\Delta L$  は、

$$\Delta L = 2d \{ 1 - n - \cos \theta + (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \} \quad \dots (5)$$

となる。ただし、 $n$ 、 $d$  はそれぞれ平行平板ガラス 2 1 の屈折率、平行平面ガラス 2 1 の厚さである。

## 【 0 0 3 6 】

本実施例の構成において、平行平板ガラス 2 1 を周期  $T$  で回転させると、時刻  $t$  での光路長差  $\Delta L(t)$  は、

$$\Delta L(t) = 2d [ 1 - n - | \cos (2\pi t / T + \phi) | + \{ n^2 - \sin^2 (2\pi t / T + \phi) \}^{1/2} ] \quad \dots (6)$$

となる。ここで、 $\phi$  は  $t = 0$  のときの平行平板ガラス 2 1 の傾きである。図 6 の点線は、屈折率 1.5、厚さ 10 の平行平板ガラス 2 1 を周期  $T$  で回転させた場合の光路長の時間変化を示した図である。実際には、平行平板ガラス 2 1 の角度が大きくなると、平行平板ガラス 2 1 の大きさが有限であるので、光線がケラレ、光が通過しない時間が存在するので、光路長差は実線のような振る舞いをする。

## 【 0 0 3 7 】

## 〔実施例 2〕

図 7 は実施例 2 の光路長可変光学系を示した図である。実施例 2 は、実施例 1

の光路長可変光学系 2 4 の部分のみ変えたもので、その他の図示しない部分は干渉計の部分を含めて実施例 1 と同様である。

## 【0 0 3 8】

本実施例では、実施例 1 の光路長可変光学系 2 4 の平行平板ガラス 2 1 であったものを、断面形状が正方形であるガラスブロック 2 7 に代えている。また、図 8 の点線 A は、本実施例の構成で、屈折率 1. 5、厚さ（断面の正方形の 1 辺の長さ）1 0 のガラスブロック 2 7 が周期 T で回転しているときの光路長差の時間経過を示したものである。

## 【0 0 3 9】

本実施例のように断面形状が正方形のガラスブロック 2 7 を用いると、光線がケラレて通らなくなる時間を短くすることができる。すなわち、実施例 1 では、平行平板ガラス 2 1 の傾斜角が  $90^\circ$  付近になると、平行平板ガラス 2 1 の側面で光をケルようになり、光が通らなくなる時間が長く存在する。一方、本実施例では、図 7 (a) に示すように、初め光がガラスブロック 2 7 の面 a と面 c を通っている状態からガラスブロック 2 7 が回転していった面 a と面 c を通らなくなっても、図 7 (b) に示すように、面 b と面 d の間を光が通るようになるので、ガラスブロック 2 7 の頂点が光束をケッテしまう一瞬を除いて常に光が通っている状態にできる。また、実施例 1 では平行平板ガラス 2 1 が 1 回転する間毎にスキヤニングは 2 往復しかできなかったのに対して、本実施例では 4 往復とスキヤニングの回数を増やすことができるメリットがある。なお、本実施例はガラスブロック 2 7 の断面形状が正方形であったが、断面形状を正六角形や正八角形等のポリゴン形状をとると、ガラスブロックの回転速度を上げなくても光路長のスキヤニング周期を短くすることができる。

## 【0 0 4 0】

## 〔実施例 3〕

実施例 3 は、実施例 2 の光路長可変光学系の部分のみを代えたもので、その他の図示しない部分は干渉計の部分を含めて実施例 2 と同様である。

## 【0 0 4 1】

図 9 は実施例 3 の光路長可変光学系を示した図で、シングルモード光ファイバ

ー 2<sub>4</sub> の光軸を Z 軸とすると、図 3 (a) はこの実施例の光路長可変光学系を Y 軸方向から見た図、図 3 (b) は X 軸方向から見た図になっている。

#### 【0042】

本実施例の光路長可変光学系は、導入用シングルモード光ファイバーと取り出し用のシングルモード光ファイバーが兼用されたシングルモード光ファイバー（第 4 シングルモード光ファイバー）2<sub>4</sub> と、コリメータレンズと集光レンズが兼用された正レンズ 2 5 と、互いに平行な面を持った光学素子である断面形状が正方形になっているガラスブロック 2 7 と、入射してきた光の位置をずらして反対方向に射出させる光路偏向素子であるダハミラー 2 8 と、光を元きた方向に反射する光学素子である平面ミラー 2 6 とで構成されている。

#### 【0043】

ダハミラー 2 8 の形状は、2 つの反射面が互いに直角になっており、このダハミラー 2 8 に入射した光は X 方向にシフトされ、かつ、向きが反対方向に変えられて射出される。

#### 【0044】

本実施例での光の振る舞いは次の通りである。シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> から射出された光は正レンズ 2 5 で略平行にされた後、ガラスブロック 2 7 を通り、その後ダハミラー 2 8 で -Z 方向に進行方向が変えられるのと同時に、X 軸方向のシフトも受ける。ダハミラー 2 8 を出た光は再び前と同じガラスブロック 2 7 を通り、平面ミラー 2 6 に到達する。平面ミラー 2 6 に到達した光は反対方向に反射されて、元きた経路を逆方向に進み、最終的にシングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> に光が戻るようになっている。元きた経路とは、ガラスブロック 2 7、ダハミラー 2 8、ガラスブロック 2 7、正レンズ 2 5 を通ってシングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> に戻る経路のことである。

#### 【0045】

光路長は、ガラスブロック 2 7 が X 軸と平行な直線を軸として回転することによって変化するようになっている。本実施例では、光は平行な面を持ったガラスブロック 2 7 を偶数回通過しているので、シングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> に戻る光は、ガラスブロック 2 7 が回転しても位置が動かないようにすることが可能



となっている。また、実施例 2 では、光がシングルモード光ファイバー 2<sub>4</sub> から射出されてから戻ってくる間に光路長を変化させる作用があるガラスブロック 27 を 2 回通るのに対して、本実施例では、光はガラスブロック 27 を 4 回通ることになるので、実施例 2 と同じ屈折率で同じ大きさのガラスブロック 27 を使用した場合は、光路長差は実施例 2 の 2 倍になる。

【0046】

図 8 の実線 B は、本実施例の構成で、屈折率 1.5、厚さ（断面の正方形の 1 辺の長さ）10 のガラスブロック 27 が周期 T で回転しているときの光路長差の時間経過を示したものである。光路長差が実施例 2 の 2 倍になっていることが分かる。

【0047】

本実施例のように、ダハミラー 28 のような光路偏向素子を使用して、平行な面を持つ光学素子に複数回光を通すようにすることで、光路長のスキニングの幅を大きくすることができる。

【0048】

本実施例では、光路偏向素子としてダハミラー 28 を使用したが、光路偏向素子は、例えばプリズム等、入射した光の位置をずらし、かつ、向きを反対方向に変えて射出できるものであれば他のものでもよい。

【0049】

〔実施例 4〕

図 10、図 11 は、本発明の光断層診断装置及び光路長可変光学系の第 4 の実施例を示したものである。図 10 は光断層診断装置のシステムを示しており、図 11 は光断層診断装置の中の光路長可変光学系の部分を示している。本実施例の光断層診断装置のシステムはマッハーツェンダー型の干渉系を基本としている。

【0050】

この実施例において、低コヒーレンス光源 1 から出た光は、第 1 シングルモード光ファイバー 2<sub>1</sub> を通って第 1 カップラー 3<sub>1</sub> へ導かれる。第 1 カップラー 3<sub>1</sub> で光は信号光側と参照光側に分けられる。

【0051】

信号光側の光は、第 2 シングルモード光ファイバー  $2_2$  を経てオプティカルサーキュレーター  $2_2$  を通った後、さらに第 3 シングルモード光ファイバー  $2_3$ 、信号光側先端光学系 5 を経て測定対象 O に照射される。測定対象 O から戻ってきた光は再び信号光側先端光学系 5、第 3 シングルモード光ファイバー  $2_3$  を経てオプティカルサーキュレーター  $2_2$  まで戻ってくる。オプティカルサーキュレーター  $2_2$  まで戻ってきた信号光側の光は、第 2 カップラー  $3_2$  へ繋がっている第 4 シングルモード光ファイバー  $2_4$  の方へ選択的に導かれる。

## 【 0 0 5 2 】

一方、第 1 カップラー  $3_1$  で分けられた参照光側の光は、光路長可変光学系 2 4 への導入用の第 5 シングルモード光ファイバー  $2_5$  により光路長可変光学系 2 4 まで導かれる。そして、光路長可変光学系 2 4 に入った光は光路長が変化させられた後、取り出し用の第 6 シングルモード光ファイバー  $2_6$  により取り込まれ、第 2 カップラー  $3_2$  まで導かれる。

## 【 0 0 5 3 】

信号光側から導かれた光と参照光側から導かれた光は第 2 カップラー  $3_2$  で合成され、干渉信号が第 2 カップラー  $3_2$  から出力される。第 2 カップラー  $3_2$  で合成された干渉信号は、第 1 デテクター  $6_1$  と第 2 デテクター  $6_2$  にそれぞれ第 7、第 8 シングルモード光ファイバー  $2_7$ 、 $2_8$  で導かれる。第 1 デテクター  $6_1$  と第 2 デテクター  $6_2$  ではそれぞれ光の強度の検出が行われる。第 1 デテクター  $6_1$  と第 2 デテクター  $6_2$  は差分デテクターとなっており、干渉信号の成分のみが出力され、それ以外の成分は除去される。

## 【 0 0 5 4 】

光路長可変光学系 2 4 は、図 1 1 に示すように、光を光学系に導くための導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  と、導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  からの光をコリメートするためのコリメーターレンズ 2 9 と、光路長可変光学素子群 3 0 と、平行光を集光するための集光レンズ 3 1 と、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバー  $2_6$  の順で構成されている。

## 【 0 0 5 5 】

また、この光学系は、導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  から射出された

光がコリメータレンズ 29、光路長可変光学素子群 30、集光レンズ 31 を通り、取り出し用グルモードファイバー 2<sub>6</sub> に入射するように、導入用シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub>、コリメータレンズ 29、集光レンズ 31、取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> の光軸が一致するように構成されている。また、光路長可変光学素子群 30 は、屈折率及び形状が全く同じ 2 つのガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> で構成されている。ガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> は、互いに平行な面が 2 組存在する断面形状が正方形のものを使用している。

## 【0056】

光路長可変光学素子群 30 の 2 つのガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> は、平行な面が互いに反対の方向に同じ角度で回転する機構になっており、これによって取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> の位置で光の集光位置がずれずに、導入用シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> と取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> の間の光路長を変化させるようにしている。

## 【0057】

本実施例では、ガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> の互いに平行な面の法線の光軸に対する角度が 0 のときの光路長と  $\theta$  のときの光路長の差  $\Delta L$  は、

$$\Delta L = 2d \{ 1 - n \cos \theta + (n^2 - \sin^2 \theta)^{1/2} \}$$

(ただし、 $-45^\circ < \theta < 45^\circ$ ) . . . (7)

となる。ただし、 $n$ 、 $d$  はそれぞれガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> の屈折率、ガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> の正方形断面の厚さである。図 12 の点線 A は、屈折率 1.8、正方形断面の厚さ 10 のガラスブロック 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> を周期 T で回転させた場合の光路長の時間変化を示したものである。

## 【0058】

## 〔実施例 5〕

図 13 は、実施例 4 の光路長可変光学系の部分のみを代えたもので、その他の図示しない部分は干渉計の部分を含めて実施例 4 と同様である。シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub>、2<sub>6</sub> の光軸を Z 軸とすると、図 13 (a) は Y 軸方向から見た図、図 13 (b) は X 軸方向から光路長可変光学系を見た図になっている。

## 【0059】

本実施例の光路長可変光学系は、第1カップラー $3_1$ （図10）からの光を光路長可変光学系24に導く導入用シングルモード光ファイバー $2_5$ と、コリメータレンズとしての第1GRINレンズ（屈折率分布レンズ） $32_1$ と、互いに平行な面を持った光学素子である断面形状が正方形になっているガラスブロック27と、入射してきた光の位置をずらして反対方向に射出させる光路偏向素子である光路偏向プリズム33と、集光レンズとしての第2GRINレンズ $32_2$ と、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバー $2_6$ とで構成されている。ガラスブロック27はX軸と平行な直線を軸として回転するようになっている。

## 【0060】

光路偏向プリズム33のXZ平面の断面形状は、直角二等辺三角形になっており、このプリズムに入射した光はX方向にシフトされ、かつ、向きが反対方向に変えられて射出される。

## 【0061】

本実施例での光の振る舞いは次の通りである。導入用シングルモード光ファイバー $2_5$ から射出された光は第1GRINレンズ $32_1$ 略平行にされた後、ガラスブロック27を通り、その後光路偏向プリズム33で-Z方向に進行方向を変えられるのと同時にX軸方向のシフトも受ける。

## 【0062】

光路偏向プリズム33を出た光は、再び前と同じガラスブロック27を通った後、第2GRINレンズ $32_2$ で集光されて、取り出し用シングルモード光ファイバー $2_6$ に取り込まれる。

## 【0063】

光路長は、ガラスブロック27がX軸と平行な直線を軸として回転することによって変化するようになっている。本実施例では、光は平行な面を持ったガラスブロック27を偶数回通過しているので、取り出し用シングルモード光ファイバー $2_6$ の位置ではガラスブロック27が回転しても光の集光位置が動かないようにすることが可能となっている。

## 【0064】

本実施例では、ガラスブロック 27 は 1 個しか使用しておらず、実施例 4 のように 2 つのガラスブロック  $27_1$ 、 $27_2$  を反対方向に位相を合わせて回転させる必要がないため、回転機構の制御が簡単になるというメリットがある。

## 【0065】

本実施例では、光が光路長を変化させる作用があるガラスブロック 27 を 2 回通過するが、光がガラスブロック 27 を通過する回数は実施例 4 と同じである。したがって、本実施例で使用するガラスブロック 27 を実施例 4 と同じ屈折率で同じ大きさのガラスブロックを使用した場合は、光路長差は実施例 4 と同じになる。

## 【0066】

本実施例で使用しているコリメータレンズ及び集光レンズは GRIN レンズ  $32_1$ 、 $32_2$  ではなく通常の正レンズでもよいが、GRIN レンズは、例えば日本板ガラス（株）製の SELF OC（商品名）等比較的小径のものが生産されているので、これを使用すれば、光学系をよりコンパクトにすることができる。また、光路偏向素子として断面形状が直角二等辺三角形をしたプリズム 33 を使用したが、光路偏向素子は例えばダハミラー等、入射した光の位置がずらされて、かつ、向きが反対方向に変えられて射出されるものであれば何でもよい。

## 【0067】

## 〔実施例 6〕

図 14 は、実施例 5 の光路長可変光学系の部分のみを代えたもので、その他の図示しない部分は干渉計の部分を含めて実施例 5 と同様である。シングルモード光ファイバー  $2_5$ 、 $2_6$  の光軸を Z 軸とすると、図 14（a）は Y 軸方向から見た図、図 14（b）は X 軸方向から光路長可変光学系を見た図になっている。

## 【0068】

本実施例の光路長可変光学系は、第 1 カップラー  $3_1$ （図 10）からの光を光路長可変光学系 24 に導く導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  と、コリメータレンズとしての第 1 GRIN レンズ  $32_1$  と、互いに平行な面を持った光学素子である断面形状が正方形になっているガラスブロック 27 と、入射してきた光の位置をずらし、かつ、反対方向に射出させる 3 個の光路偏向素子である第 1 ～

第 3 光路偏向プリズム  $33_1$ 、 $33_2$ 、 $33_3$  と、集光レンズとしての第 2 GRIN レンズ  $32_2$  と、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバー  $2_6$  とで構成されている。ガラスブロック 27 は X 軸と平行な直線を軸として回転するようになっている。

## 【0069】

第 1 ～ 第 3 光路偏向プリズム  $33_1$ 、 $33_2$ 、 $33_3$  の XZ 平面の断面形状は、何れも直角二等辺三角形になっており、これらのプリズムに入射した光は X 方向にシフトされ、かつ、向きが反対方向に変えられて射出される。

## 【0070】

本実施例での光の振る舞いは次の通りである。導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  から射出された光は第 1 GRIN レンズ  $32_1$  略平行にされた後、ガラスブロック 27 を通り、その後第 1 光路偏向プリズム  $33_1$  で -Z 方向に進行方向を変えられるのと同時に X 軸方向のシフトされる。第 1 光路偏向プリズム  $33_1$  を出た光は、再び前と同じガラスブロック 27 を通った後、第 2 光路偏向プリズム  $33_2$  で Z 方向に進行方向を変えられるのと同時に X 軸方向にシフトされる。第 2 光路偏向プリズム  $33_2$  を出た光は、再び前と同じガラスブロック 27 を通った後、第 3 光路偏向プリズム  $33_3$  で再び -Z 方向に進行方向を変えられるのと同時に X 軸方向のシフトを受けた後、再び前と同じガラスブロック 27 を通る。そして、最終的に第 2 GRIN レンズ  $32_2$  で集光されて、取り出し用シングルモード光ファイバー  $2_6$  に取り込まれる。

## 【0071】

光路長は、ガラスブロック 27 が X 軸と平行な直線を軸として回転することによって変化するようになっている。

## 【0072】

また、本実施例では、光は平行な面を持ったガラスブロック 27 を偶数回通過しているので、ガラスブロック 27 が回転しても取り出し用シングルモード光ファイバー  $2_6$  上での光の集光位置は動かないようにすることが可能となっている。

## 【0073】

また、実施例 4 又は 5 では、光がシングルモード光ファイバーから射出されてから戻ってくる間に光路長を変化させる作用があるガラスブロック 27 を 2 回通るのに対して、本実施例では、光はガラスブロック 27 を 4 回通ることになるので、実施例 4 又は 5 と同じ屈折率で同じ大きさのガラスブロックを使用した場合は、光路長差は実施例 4 又は 5 の値の 2 倍になる。

【0074】

このように光路偏向光学系  $33_1$ 、 $33_2$ 、 $33_3$  を用いて、ガラスブロック 27 に複数回光を通すことによってガラスブロック 27 の大きさを大きくしないで、光路長のスキャンニング範囲を大きくすることができる。

【0075】

図 12 の実線 B は、本実施例の構成で、屈折率 1.8、厚さ（断面の正方形の 1 辺の長さ）10 のガラスブロック 27 が周期 T で回転しているときの光路長差の時間経過を示したものである。光路長差が実施例 4 又は 5 の値の 2 倍になっていることが分かる。

【0076】

本実施例では、光路偏向素子として断面形状が直角二等辺三角形をしたプリズム  $33_1$ 、 $33_2$ 、 $33_3$  を使用したが、光路偏向素子は例えばダハミラー等、入射した光の位置がずらされて、かつ、向きが反対方向に変えられて射出されるものであれば何でもよい。

【0077】

〔実施例 7〕

図 15 は、実施例 6 の光路長可変光学系の部分のみを代えたもので、その他の図示しない部分は干渉計の部分を含めて実施例 6 と同様である。シングルモード光ファイバー  $2_5$ 、 $2_6$  の光軸を Z 軸とすると、図 15 (a) は Y 軸方向から見た図、図 15 (b) は X 軸方向から光路長可変光学系を見た図になっている。

【0078】

本実施例の光路長可変光学系は、第 1 カップラー  $3_1$ （図 10）からの光を光路長可変光学系 24 に導く導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  と、コリメータレンズとしての第 1 GRIN レンズ  $32_1$  と、集光レンズとしての第 2 GRIN

N レンズ 3 2<sub>2</sub> と、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> と、2つのガラスブロック 2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> からなる光路長可変光学素子群 3 0 と、入射してきた光の位置をずらして反対方向に射出させる光路偏向素子 3 5 とで構成されている。

【0 0 7 9】

光路長可変光学素子群 3 0 は、第 1 の光学素子である第 1 ガラスブロック 2 7<sub>1</sub> と、第 2 の光学素子である第 2 ガラスブロック 2 7<sub>2</sub> で構成されている。第 1 ガラスブロック 2 7<sub>1</sub> と第 2 ガラスブロック 2 7<sub>2</sub> は X Z 平面の断面形状が共に正方形をしており、屈折率と形状が同じものである。

【0 0 8 0】

光路長可変光学素子群 3 0 の 2 つのガラスブロック 2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> は、平行な面が互いに反対の方向に同じ角度で回転する機構になっている。

【0 0 8 1】

光路偏向素子 3 5 の構成は、光路偏向用シングルモード光ファイバー 3 4 と、その光路偏向用シングルモード光ファイバー 3 4 に集光するための光路偏向素子用集光レンズとしての第 3 G R I N レンズ 3 2<sub>3</sub> と、光路偏向用シングルモード光ファイバー 3 4 からの射出光を略平行にするための光路偏向素子用コリメータレンズとしての第 4 G R I N レンズ 3 2<sub>4</sub> とで構成されている。また、光路偏向用シングルモード光ファイバー 3 4 の入射側端面と射出側端面は同じ向きに X 方向に並列に並べられているので、光路偏向素子 3 5 は、光路偏向素子用のシングルモード光ファイバー 3 4 に入射した光を X 方向にシフトさせ、かつ、向きが反対方向に変えて射出する作用を持っている。

【0 0 8 2】

本実施例での光の振る舞いは次の通りである。導入用シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> から射出された光は第 1 G R I N レンズ 3 2<sub>1</sub> で略平行にされた後、光路長可変素子群 3 0 を通り、その後光路偏向素子 3 5 で - Z 方向に進行方向を変えられるのと同時に X 軸方向のシフトされる。光路偏向素子 3 5 を出た光は、再び前と同じ光路長可変素子群 3 0 を通った後、第 2 G R I N レンズ 3 2<sub>2</sub> で集光され、取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> に取り込まれる。



## 【 0 0 8 3 】

光路長の変化は、光路長可変光学素子群 3 0 の 2 つのガラスブロック 2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> が互いに反対の方向に同じ角度で回転することで行われるが、導入用シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> から射出された光が光路偏向シングルモード光ファイバー 3 4 の入射端面に達するとき、及び、取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> の端面に達するときには、ガラスブロック 2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> を偶数回通ってくるので、ガラスブロック 2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> が回転しても光の集光位置は変化しないようになっている。

## 【 0 0 8 4 】

本実施例の構成で、屈折率 1. 8、厚さ（断面の正方形の 1 辺の長さ）1 0 のガラスブロックを回転の周期を T で回転させたときの光路長差の時間経過は、光がガラスブロックを通過する回数が 4 回であるので、実施例 6 と同じになる。

## 【 0 0 8 5 】

本実施例も、実施例 6 のように同じガラスブロック 2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> に複数回光を通すことによって光路長のスキヤニングの幅を大きくすることができている。また、GRIN レンズ 3 2<sub>1</sub> ～ 3 2<sub>4</sub> を用いることによって、光学系のコンパクト化が可能になっている。

## 【 0 0 8 6 】

また、本実施例では、光路偏向素子 3 5 の集光レンズである第 3 GRIN レンズ 3 2<sub>3</sub> 及び光路偏向素子用コリメータレンズである第 4 GRIN レンズ 3 2<sub>4</sub> は、光路長可変素子群 3 0 に対し同じ側にあるが、図 1 6 に示すように、光路偏向素子 3 5 の光路偏向用シングルモード光ファイバー 3 4 の入射側及び光路偏向素子 3 5 の集光レンズである第 3 GRIN レンズ 3 2<sub>3</sub> と、光路偏向用シングルモード光ファイバー 3 4 の射出側及び光路偏向素子用コリメータレンズとしての第 4 GRIN レンズ 3 2<sub>4</sub> とを、光路長可変素子群 3 0 を挟んで反対側に配置するようにしても、図 1 5 の場合と同様な作用が得られる。

## 【 0 0 8 7 】

## 〔実施例 8〕

図 1 7 は、実施例 6 の光路長可変光学系の部分のみを代えたもので、その他の

図示しない部分は干渉計の部分を含めて実施例 6 と同様である。シングルモード光ファイバー  $2_5$ 、 $2_6$  の光軸を Z 軸とすると、図 17 (a) は Y 軸方向から見た図、図 17 (b) は X 軸方向から光路長可変光学系を見た図になっている。

## 【0088】

本実施例の光路長可変光学系は、第 1 カップラー  $3_1$  (図 10) からの光を光路長可変光学系  $2_4$  に導く導入用シングルモード光ファイバー  $2_5$  と、コリメータレンズとしての第 1 GRIN レンズ  $3_{2_1}$  と、集光レンズとしての第 2 GRIN レンズ  $3_{2_2}$  と、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバー  $2_6$  と、2 つのガラスブロック  $2_{7_1}$ 、 $2_{7_2}$  からなる光路長可変光学素子群  $3_0$  と、入射してきた光の位置をずらして反対方向に射出させる第 1 及び第 2 光路偏向素子  $3_{5_1}$ 、 $3_{5_2}$  とで構成されている。

## 【0089】

光路長可変光学素子群  $3_0$  は、第 1 の光学素子である第 1 ガラスブロック  $2_{7_1}$  と、第 2 の光学素子である第 2 ガラスブロック  $2_{7_2}$  で構成されている。第 1 ガラスブロック  $2_{7_1}$  と第 2 ガラスブロック  $2_{7_2}$  は XZ 平面の断面形状が共に正六角形をしており、屈折率と形状が同じものである。

## 【0090】

光路長可変光学素子群  $3_0$  の 2 つのガラスブロック  $2_{7_1}$ 、 $2_{7_2}$  は、平行な面が互いに反対の方向に同じ角度で回転する機構になっている。

## 【0091】

第 1 光路偏向素子  $3_{5_1}$  の構成は、第 1 光路偏向用シングルモード光ファイバー  $3_{4_1}$  に集光するための光路偏向素子用集光レンズとしての第 3 GRIN レンズ  $3_{2_3}$  と、その第 1 光路偏向用シングルモード光ファイバー  $3_{4_1}$  からの射出光を略平行にするための光路偏向素子用コリメータレンズとしての第 4 GRIN レンズ  $3_{2_4}$  とで構成されている。また、第 1 光路偏向用シングルモード光ファイバー  $3_{4_1}$  の入射側端面と射出側端面を同じ向きに X 方向に並列に並べられているので、第 1 光路偏向素子  $3_{5_1}$  は光路偏向素子用のシングルモード光ファイバー  $3_{4_1}$  に入射した光を X 方向にシフトさせ、かつ、向きが反対方向に変えて射出する作用がある。

## 【0092】

また、第2光路偏向素子35<sub>2</sub>の構成は、第2光路偏向用シングルモード光ファイバー34<sub>2</sub>に集光するための光路偏向素子用集光レンズとしての第5GRINレンズ32<sub>5</sub>と、その第2光路偏向用シングルモード光ファイバー34<sub>2</sub>からの射出光を略平行にするための光路偏向素子用コリメータレンズとしての第6GRINレンズ32<sub>6</sub>とで構成されている。また、第2光路偏向用シングルモード光ファイバー34<sub>2</sub>の入射側端面と射出側端面を同じ向きにX方向に並列に並べられているので、第2光路偏向素子35<sub>2</sub>は光路偏向素子用のシングルモード光ファイバー34<sub>2</sub>に入射した光をX方向にシフトさせ、かつ、向きが反対方向に変えて射出する作用がある。

## 【0093】

本実施例での光の振る舞いは次の通りである。導入用シングルモード光ファイバー2<sub>5</sub>から射出された光は第1GRINレンズ32<sub>1</sub>略平行にされた後、光路長可変素子群30を通り、その後第1光路偏向素子35<sub>1</sub>で-Z方向に進行方向を変えられるのと同時にX軸方向のシフトされる。第1光路偏向素子35<sub>1</sub>出た光は、再び前と同じ光路長可変素子群30を通った後、第2光路偏向素子35<sub>2</sub>でZ方向に進行方向を変えられるのと同時にX軸方向へシフトされる。そして、再び前と同じ光路長可変光学素子群30を通った後、第2GRINレンズ32<sub>2</sub>で集光され、取り出し用シングルモード光ファイバー2<sub>6</sub>に取り込まれる。

## 【0094】

図18に、本実施例の構成で、屈折率1.8、厚さ（互いに平行な面の間隔）10のガラスブロックを回転の周期をTで回転させたときの光路長差の時間経過を示す。

## 【0095】

光路長の変化は、光路長可変光学素子群30の2つのガラスブロック27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub>が互いに反対の方向に同じ角度で回転することで行われるが、導入用シングルモード光ファイバー2<sub>5</sub>から射出された光が光路偏向シングルモード光ファイバー34<sub>1</sub>、34<sub>2</sub>の端面（入射面と射出面の両方）に達するとき、及び、取り出し用シングルモード光ファイバー2<sub>6</sub>の端面に達するときには、ガラスブ

ック  $27_1$ 、 $27_2$  を偶数回通ってくるので、ガラスブロック  $27_1$ 、 $27_2$  が回転しても光の集光位置は変化しないようになっている。

【0096】

本実施例は、ガラスブロック  $27_1$ 、 $27_2$  の断面形状が正六角形しているの  
で、ガラスブロック  $27_1$ 、 $27_2$  が1回転する間にスキヤニングが6往復行わ  
れる。

【0097】

このように、ガラスブロック  $27_1$ 、 $27_2$  の断面形状を正四角形から正六角  
形、正八角形とポリゴン形状の頂点の数を増やすことにより、ガラスブロック  
 $27_1$ 、 $27_2$  の回転数が同じでも、高速なスキヤニングが可能になる。ただし、  
ポリゴン形状の頂点の数を増やしていくと、スキヤニング幅が小さくなるので、  
光路偏向素子  $35_1$ 、 $35_2$  を多数使用して光路長可変光学素子群 30 を通る回  
数を増やしてスキヤニング幅を大きくしている。

【0098】

なお、以上の実施例 1 から 8 では、少なくとも 1 組の平行な面を持った光学素  
子は全てガラスで構成されていたが、例えば光学用のプラスチック等、光を透過  
、屈折させるものであればよく、また、光路長可変光学系は参照光側だけではな  
く、信号光側に設けてもよいのは言うまでもない。

【0099】

以上の本発明の光断層診断装置は例えば次のように構成することができる：

〔1〕 コヒーレンス長が短い光源から射出された低コヒーレンス光を信号  
光側と参照光側に分け、信号光を観察物体に照射した後、再び信号光を参照光と  
合成させて干渉系を構成し、干渉信号を取るときに、参照光側又は信号光側に光  
路長可変光学系を設けて光路長を変化させることにより観察物体の断層構造を観  
察できるようにした光診断装置において、

前記光路長可変光学系は、前記光路長可変光学系に光を導くための導入用シン  
グルモード光ファイバーと、その導入用シングルモード光ファイバーからの光を  
コリメートするためのコリメータレンズと、略平行な光を集光するための集光レ  
ンズと、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーと、互いに

平行な面を持った光学素子で構成され、前記光路長可変光学系を通過する光は、少なくとも前記の互いに平行な面を持った光学素子を遇回数通過するようになっており、かつ、前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようになっている光学系であることを特徴とする光断層診断装置。

【0 1 0 0】

〔2〕 前記光路長可変光学系は、

前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーを兼用させたシングルモード光ファイバーと、前記コリメータレンズと前記集光用レンズを兼用させた正レンズと、前記の互いに平行な面を持った光学素子と、光を元きた方向へ反射する光学素子の順に構成され、

前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、前記シングルモード光ファイバーから出た光が再び前記シングルモード光ファイバーに戻るまでの光路長を変化させるようにした光学系であることを特徴とする上記 1 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 1】

〔3〕 前記光路長可変光学系は、

前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーを兼用させたシングルモード光ファイバーと、前記コリメータレンズと前記集光用レンズを兼用させた正レンズと、前記の互いに平行な面を持った光学素子と、光を元きた方向へ反射する光学素子と、少なくとも 1 つの入射してきた光の位置を平行な方向又は反対方向にずらして射出させる光路偏向素子とからなり、

前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることで、前記シングルモード光ファイバーから出た光が再び前記シングルモード光ファイバーに戻るまでの光路長を変化させるようにした光学系であることを特徴とする上記 1 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 2】

〔4〕 前記光路長可変光学系は、

光を前記光路長可変光学系に導くための導入用シングルモード光ファイバーと、コリメータレンズと、少なくとも 1 群の光路長可変光学素子群と、集光レンズと、光を取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーの順で構成され、

前記光路長可変光学素子群は、互いに平行な面を持った第 1 の光学素子と、互いに平行な面を持っており第 1 の光学素子と屈折率が同じで平行になっている面の面間隔が等しい部材でできている第 2 の光学素子とで構成され、

前記光路長可変光学素子群の中の第 1 の光学素子の平行な面と第 2 の光学素子の平行な面を互いに反対の方向に同じ角度で回転させることによって、前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようにした光学系であることを特徴とする上記 1 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 3】

〔5〕 前記光路長可変光学系は、

光を前記光路長可変光学系に導くための導入用シングルモード光ファイバーと、コリメータレンズと、集光レンズと、光を前記光路長可変光学系外へ取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーと、互いに平行な面を持った光学素子と、少なくとも 1 つの入射してきた光の位置を平行な方向又は反対方向にずらして射出させる光路偏向素子とからなり、

前記の互いに平行な面を持った光学素子を回転させることによって、前記導入用シングルモード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長を変化させるようにした光学系であることを特徴とする上記 1 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 4】

〔6〕 前記光路長可変光学系は、

光を前記光路長可変光学系に導くための導入用シングルモード光ファイバーと、コリメータレンズと、集光レンズと、光を前記光路長可変光学系外へ取り出すための取り出し用シングルモード光ファイバーと、少なくとも 1 群の光学素子群

と、少なくとも 1 つの入射してきた光の位置を平行な方向又は反対方向にずらし  
て射出させる光路偏向素子とからなり、さらに、前記光学素子群は、互いに平行  
な面を持った第 1 の光学素子と、互いに平行な面を持っており第 1 の光学素子と  
屈折率が同じで平行になっている面の面間隔が等しい部材でできている第 2 の光  
学素子とで構成されていて、

前記光学素子群の中の第 1 の光学素子の平行な面と第 2 の光学素子の平行な面  
を互いに反対の方向に同じ角度で回転させることによって、前記導入用シングル  
モード光ファイバーと前記取り出し用シングルモード光ファイバーの間の光路長  
を変化させるようにした光学系であることを特徴とする上記 1 記載の光断層診断  
装置。

【0 1 0 5】

〔7〕 前記光路偏向素子は、互いに直角な面を持ったダハミラーであるこ  
とを特徴とする上記 3、5 又は 6 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 6】

〔8〕 前記光路偏向素子は、直角プリズムであることを特徴とする上記 3  
、5 又は 6 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 7】

〔9〕 前記光路偏向素子は、光路偏向用シングルモード光ファイバーと前  
記光路偏向用シングルモード光ファイバーに集光するための光路偏向素子用集光  
レンズと、前記光路偏向用シングルモード光ファイバーからの射出光を略平行に  
するための光路偏向素子用コリメータレンズとで構成されており、

前記光路偏向用シングルモード光ファイバーの入射側端面と射出側端面が並列  
に構成されていることを特徴とする上記 6 記載の光断層診断装置。

【0 1 0 8】

〔1 0〕 前記の互いに平行な面を持った光学素子は、ポリゴン形状のもの  
であることを特徴とする上記 1 から 9 の何れか 1 項記載の光断層診断装置。

【0 1 0 9】

【発明の効果】

以上の本発明による光路長可変光学系を用いることにより、本発明の光断層診

断装置は、高速で、スキャン範囲が広く、光の強度の変化が少なく、温度特性が安定な光路長可変光学系を得ることができ、食道や胃、腸等の断層像を良好な動画で観察することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明における光路長可変光学系の原理を説明するための第 1 の図である。

【図 2】

本発明における光路長可変光学系の原理を説明するための第 2 の図である。

【図 3】

光線シフトをキャンセルするための具体的構成を示す図である。

【図 4】

本発明の実施例 1 の光断層診断装置の構成図である。

【図 5】

実施例 1 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 6】

実施例 1 の光路長の時間変化を示す図である。

【図 7】

実施例 2 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 8】

実施例 2、3 の光路長の時間変化を示す図である。

【図 9】

実施例 3 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 10】

実施例 4 の光断層診断装置の構成図である。

【図 11】

実施例 4 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 12】

実施例 4 ～ 7 の光路長の時間変化を示す図である。

【図 13】



実施例 5 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 1 4】

実施例 6 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 1 5】

実施例 7 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 1 6】

実施例 7 の光断層診断装置の光路長可変光学系の変形例の構成図である。

【図 1 7】

実施例 8 の光断層診断装置の光路長可変光学系の構成図である。

【図 1 8】

実施例 8 の光路長の時間変化を示す図である。

【図 1 9】

従来の光断層診断装置を内視鏡に応用したものの 1 例の構成を示す図である。

【図 2 0】

従来の光路長可変光学系の 1 例の構成図である。

【図 2 1】

従来の光路長可変光学系の別の例の構成図である。

【符号の説明】

○…測定対象

1…低コヒーレンス光源

2<sub>1</sub> ～ 2<sub>8</sub> …シングルモード光ファイバー

3、3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub> …カップラー

5…信号光側先端光学系

6<sub>1</sub>、6<sub>2</sub> …ディテクター

2 1、2 1<sub>1</sub>、2 1<sub>2</sub> …平行平板ガラス

2 2…オプティカルサーキュレーター

2 4…光路長可変光学系

2 5…正レンズ

2 6 …平面ミラー

2 7、2 7<sub>1</sub>、2 7<sub>2</sub> …ガラスブロック

2 8 …ダハミラー

2 9 …コリメーターレンズ

3 0 …光路長可変光学素子群

3 1 …集光レンズ

3 2<sub>1</sub> ～3 2<sub>6</sub> …GRINレンズ

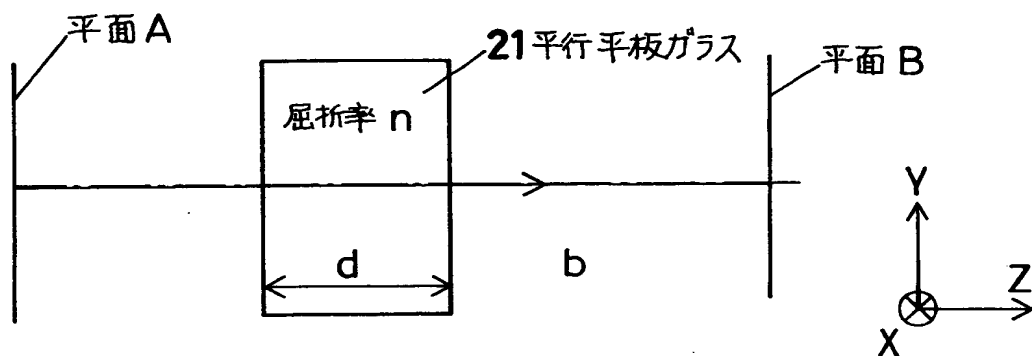
3 3、3 3<sub>1</sub>、3 3<sub>2</sub>、3 3<sub>3</sub> …光路偏向プリズム

3 4、3 4<sub>1</sub>、3 4<sub>2</sub> …光路偏向用シングルモード光ファイバー

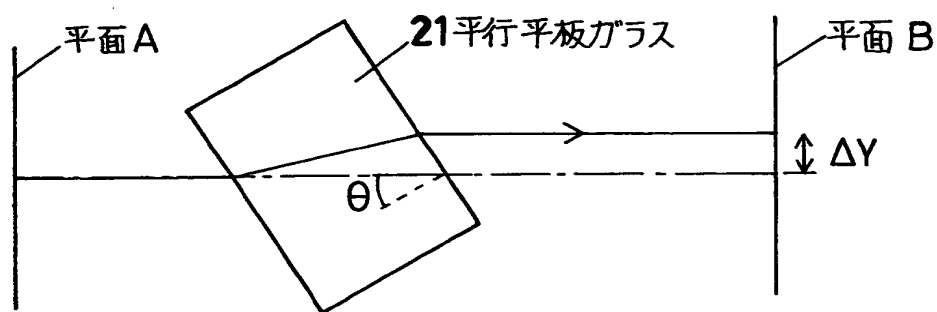
3 5、3 5<sub>1</sub>、3 5<sub>2</sub> …光路偏向素子

【書類名】 図面

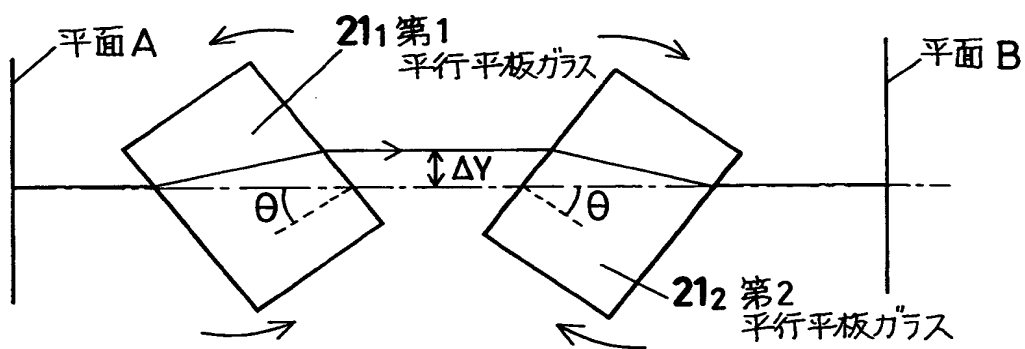
【図 1】



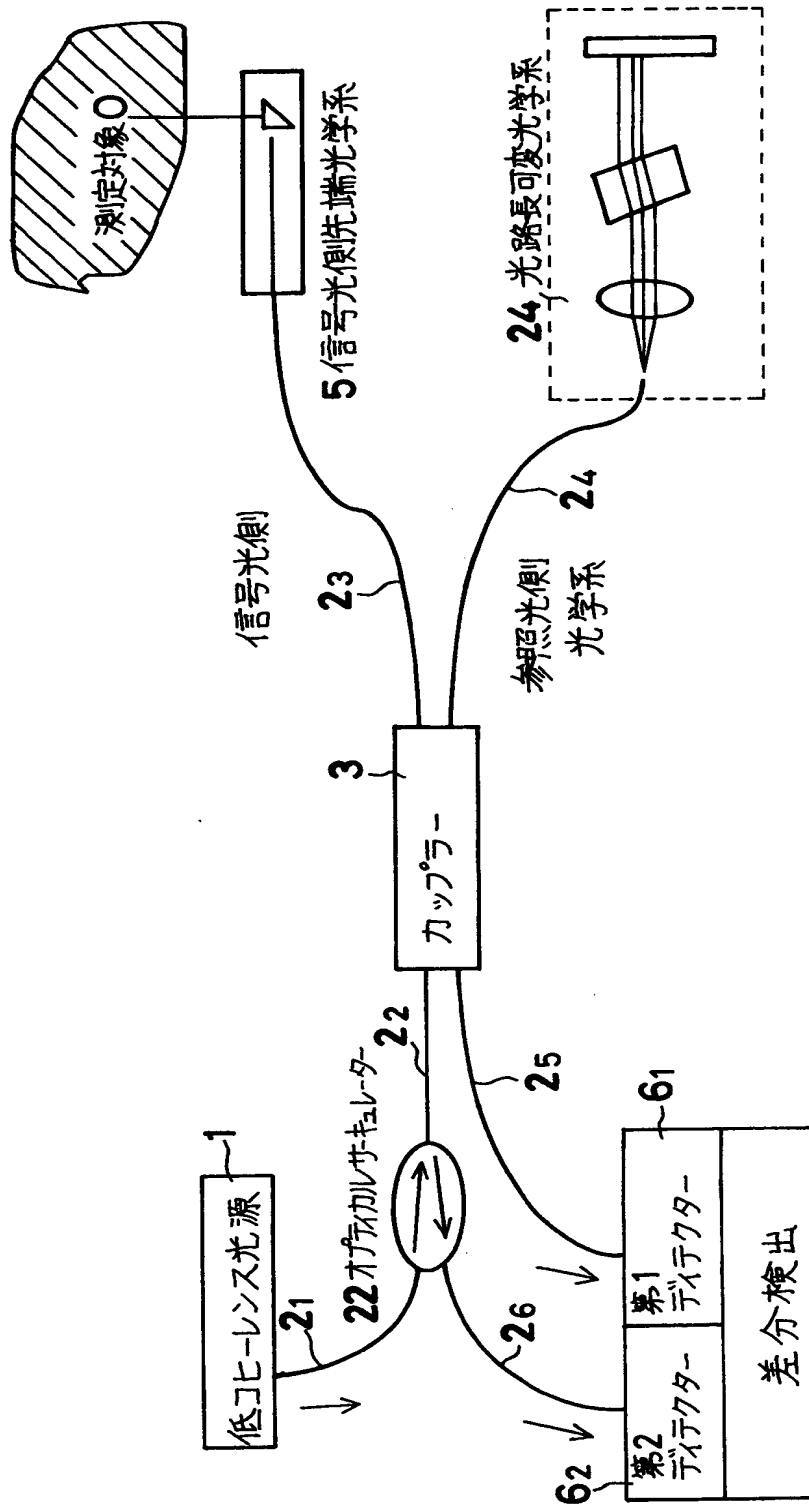
【図 2】



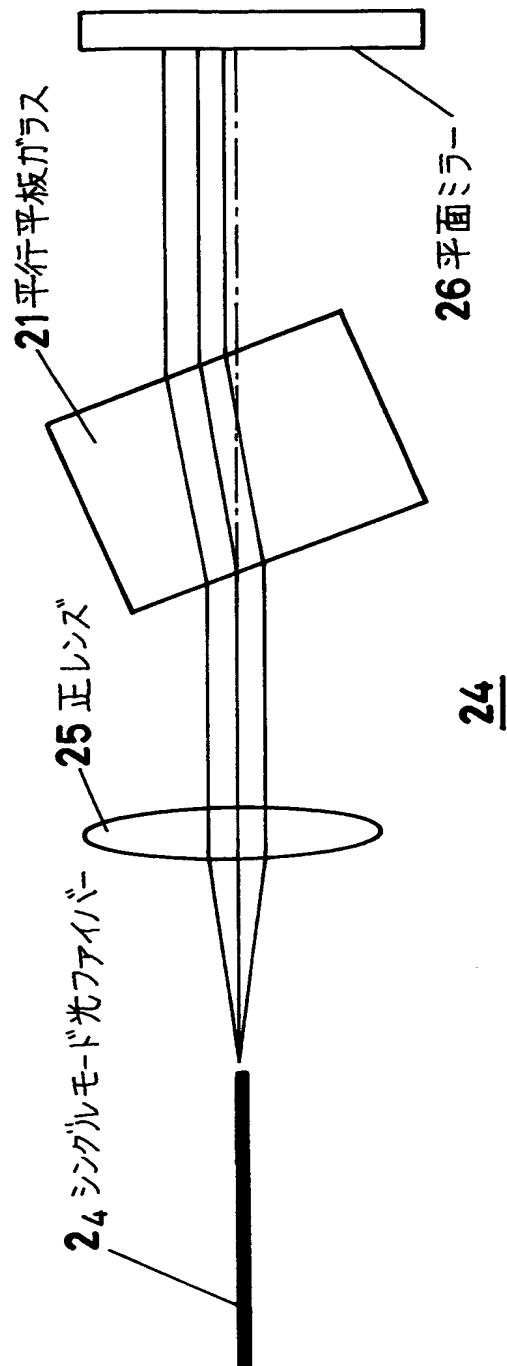
【図 3】



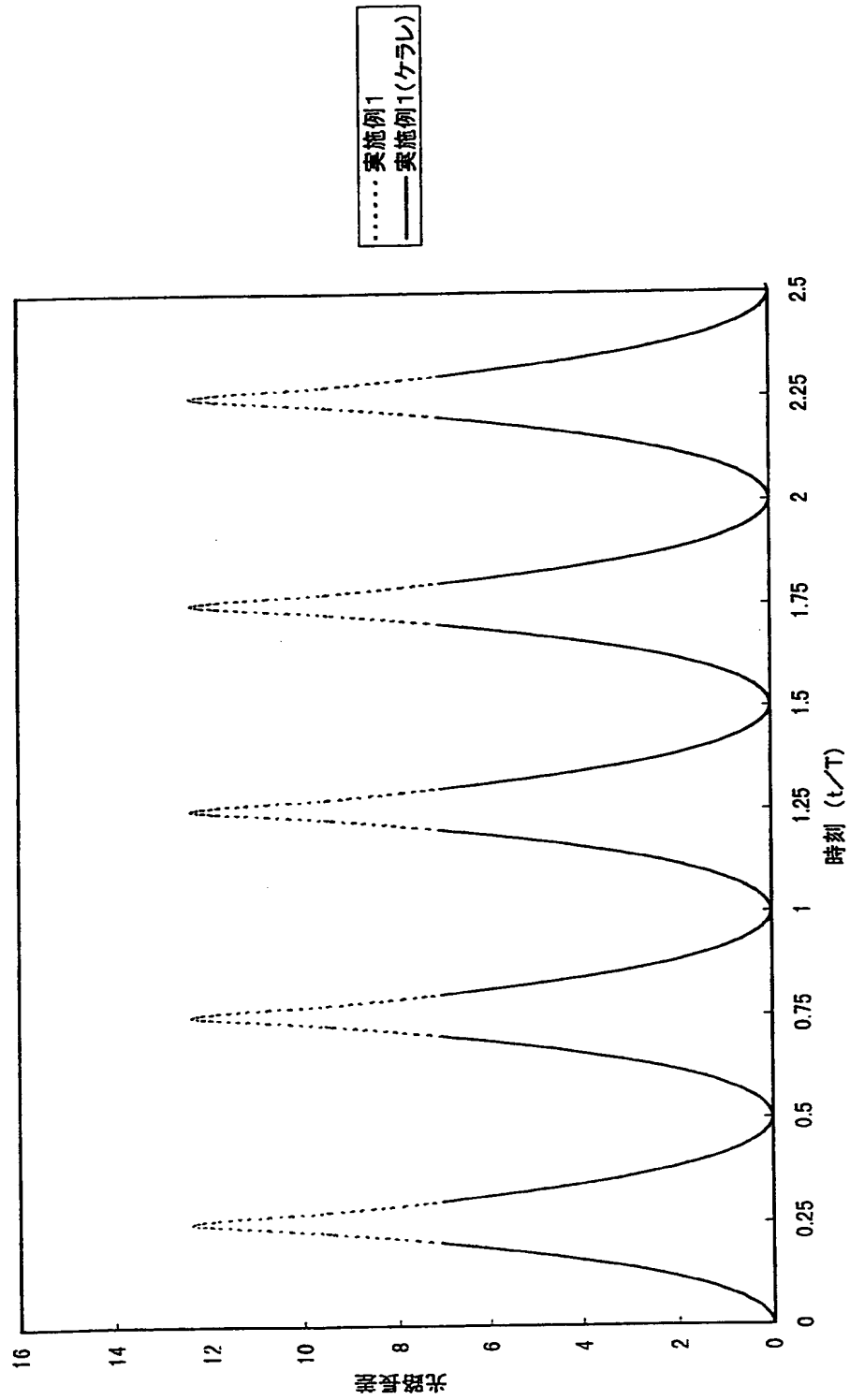
【図 4】



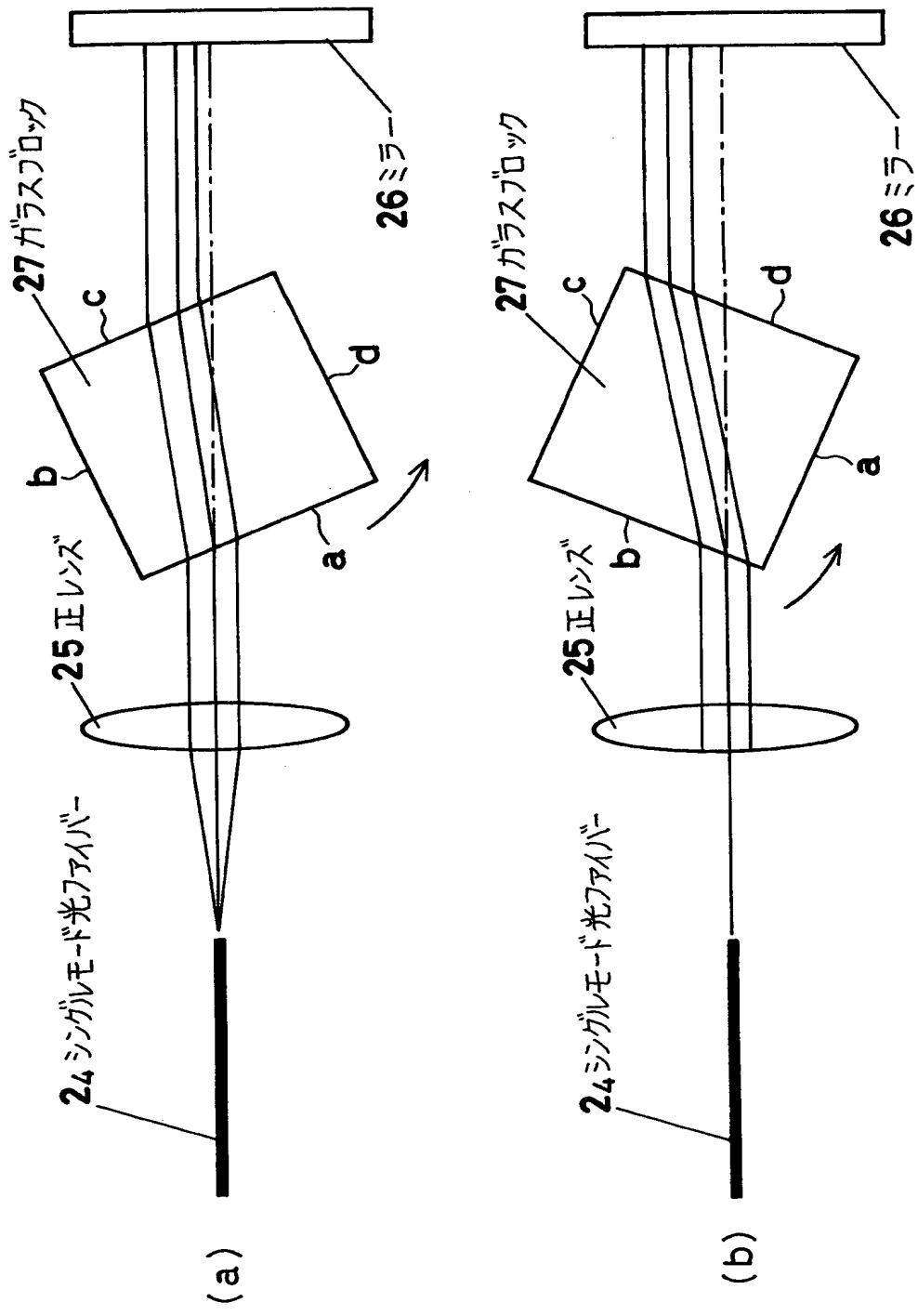
【図 5】



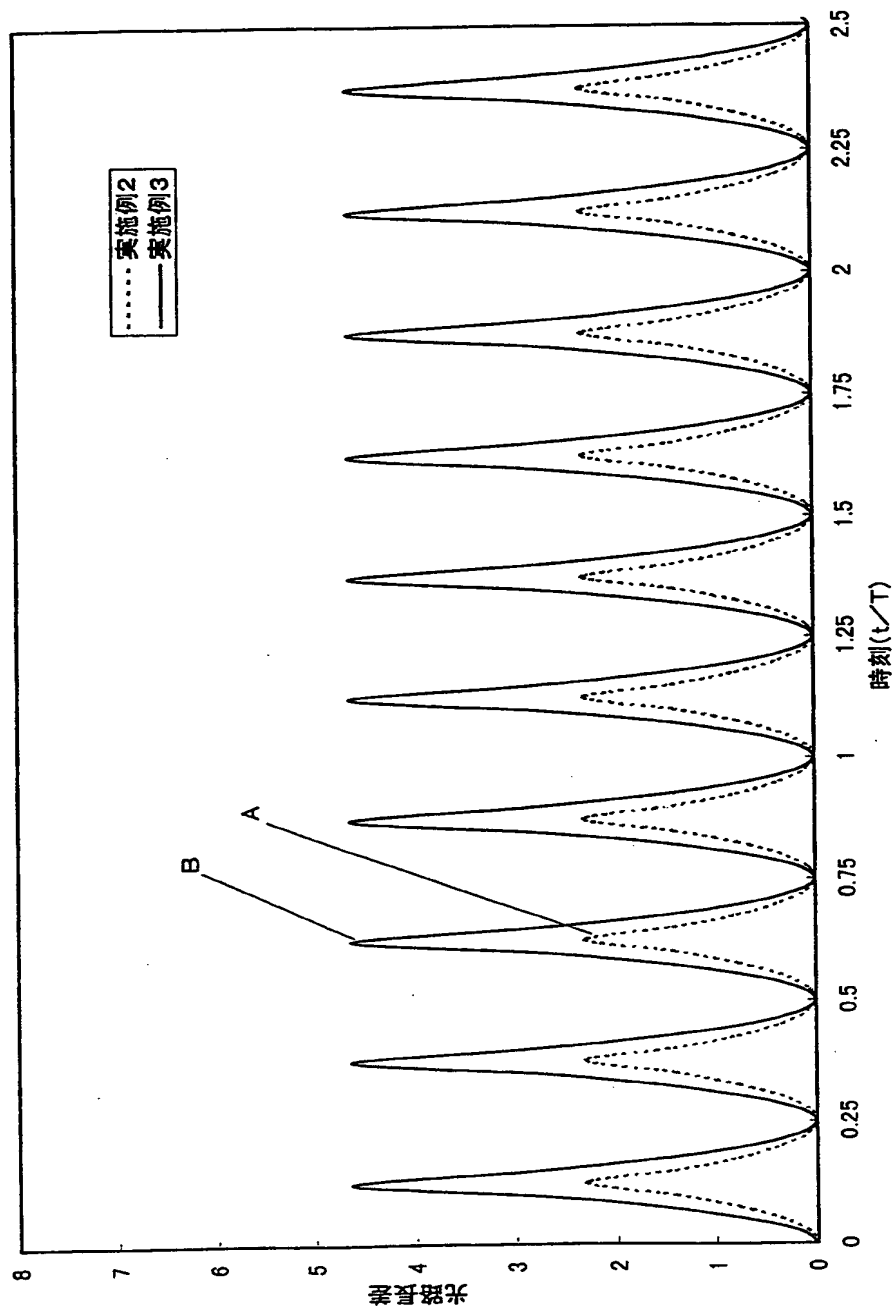
【図 6】



【図 7】

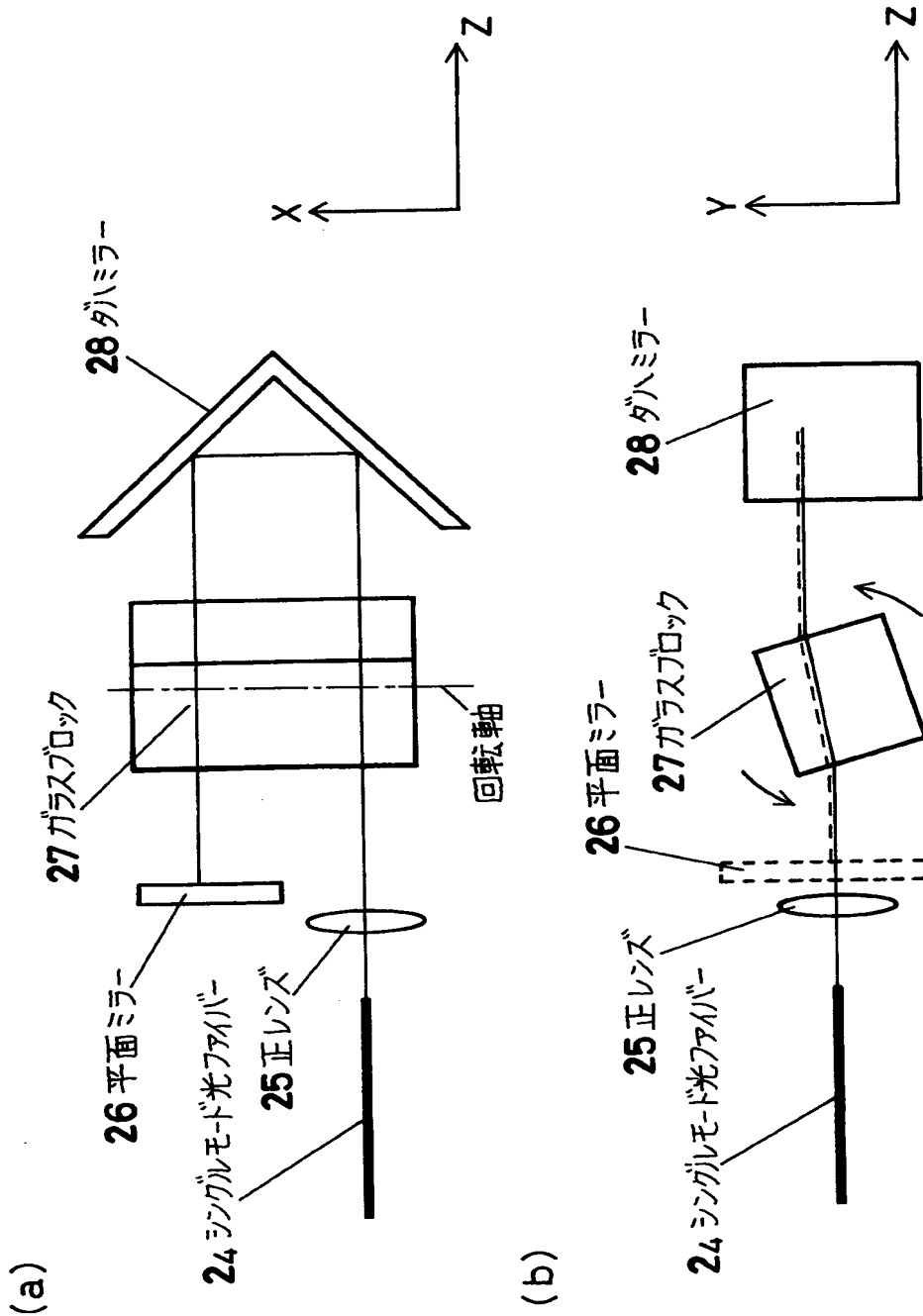


【図 8】

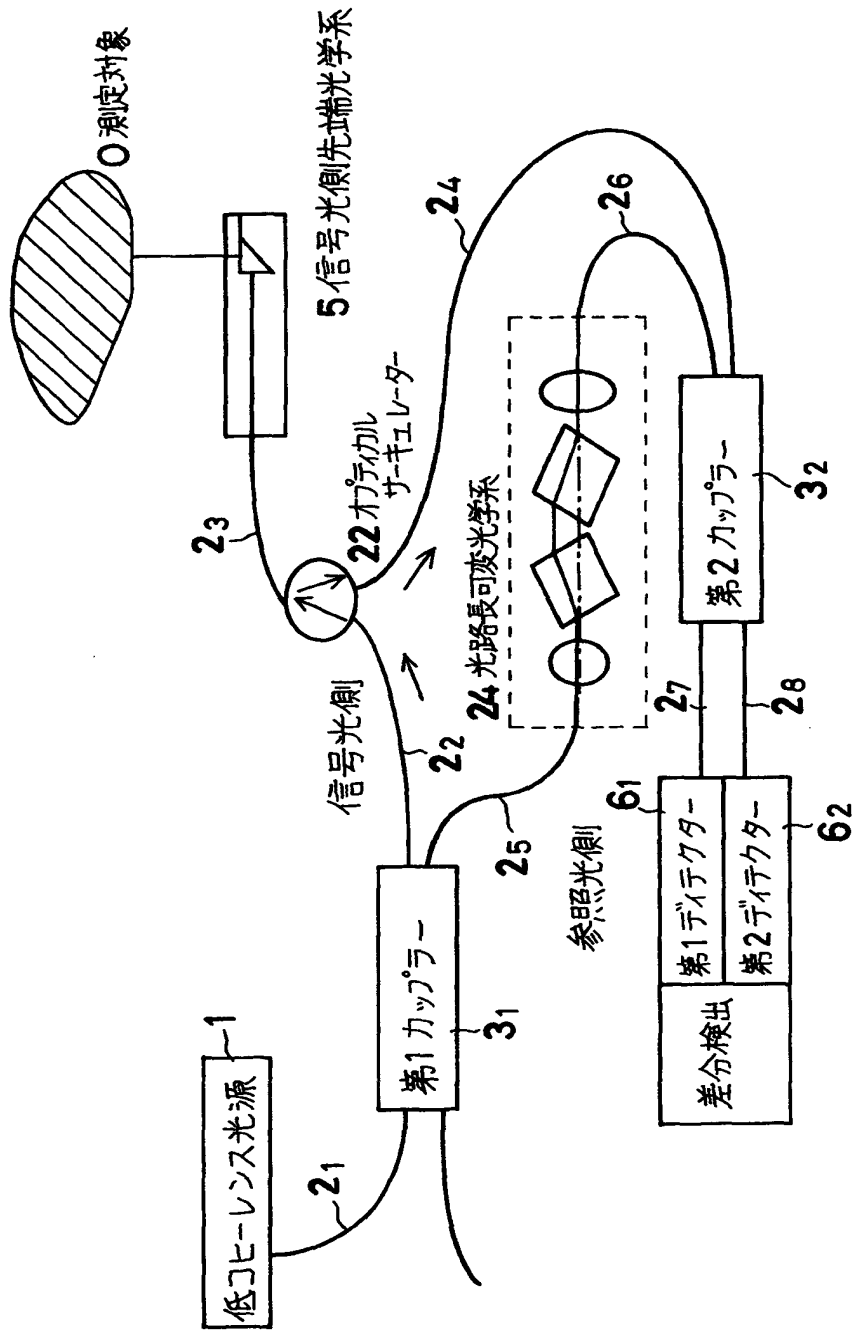




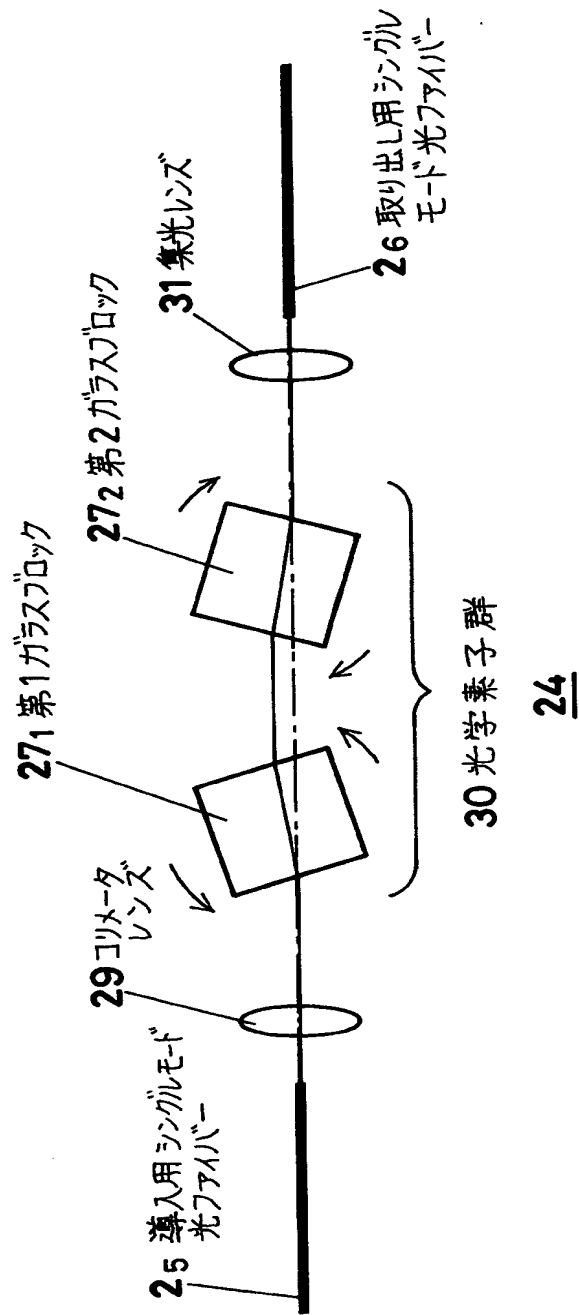
【図 9】



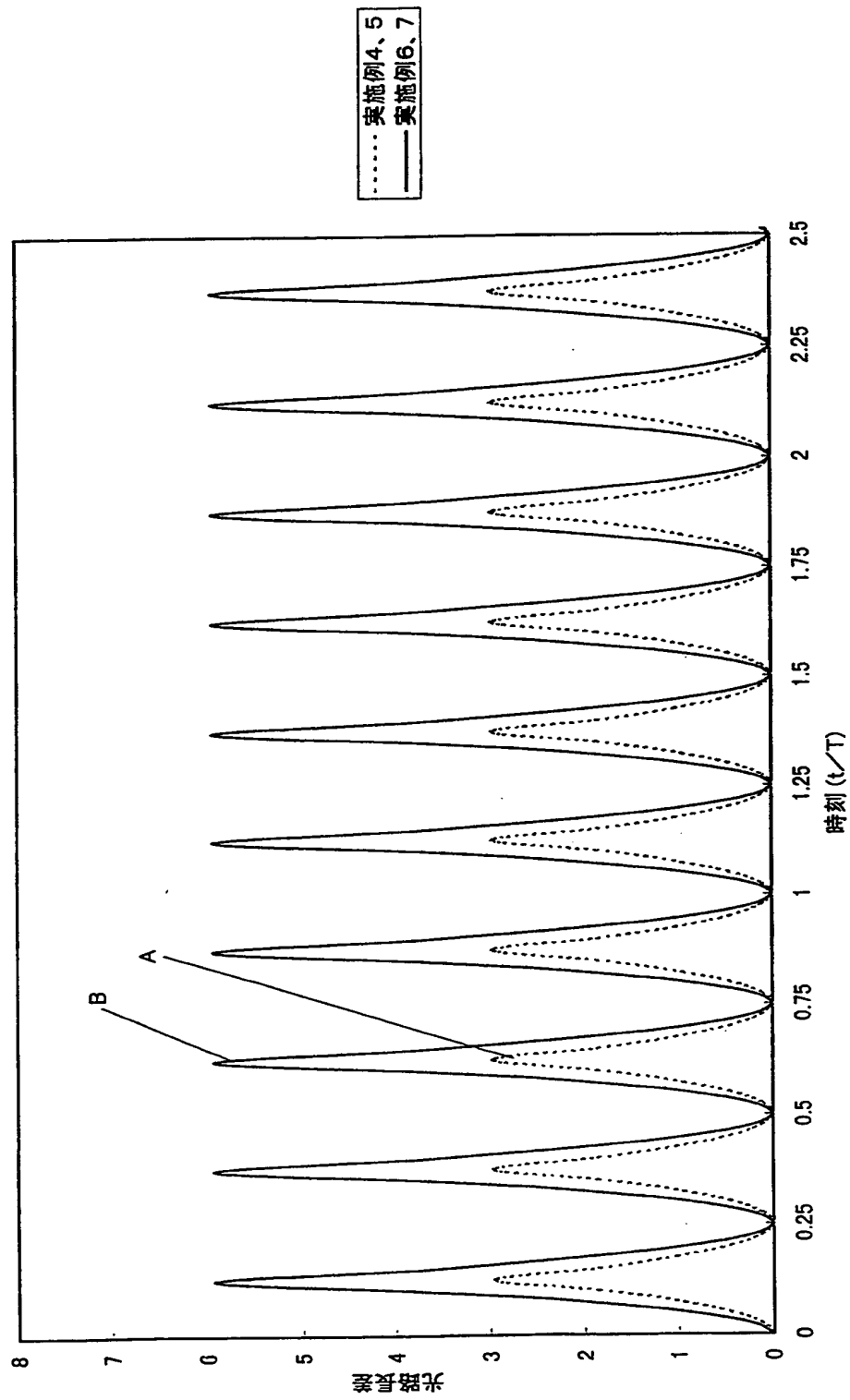
【図 1 0】



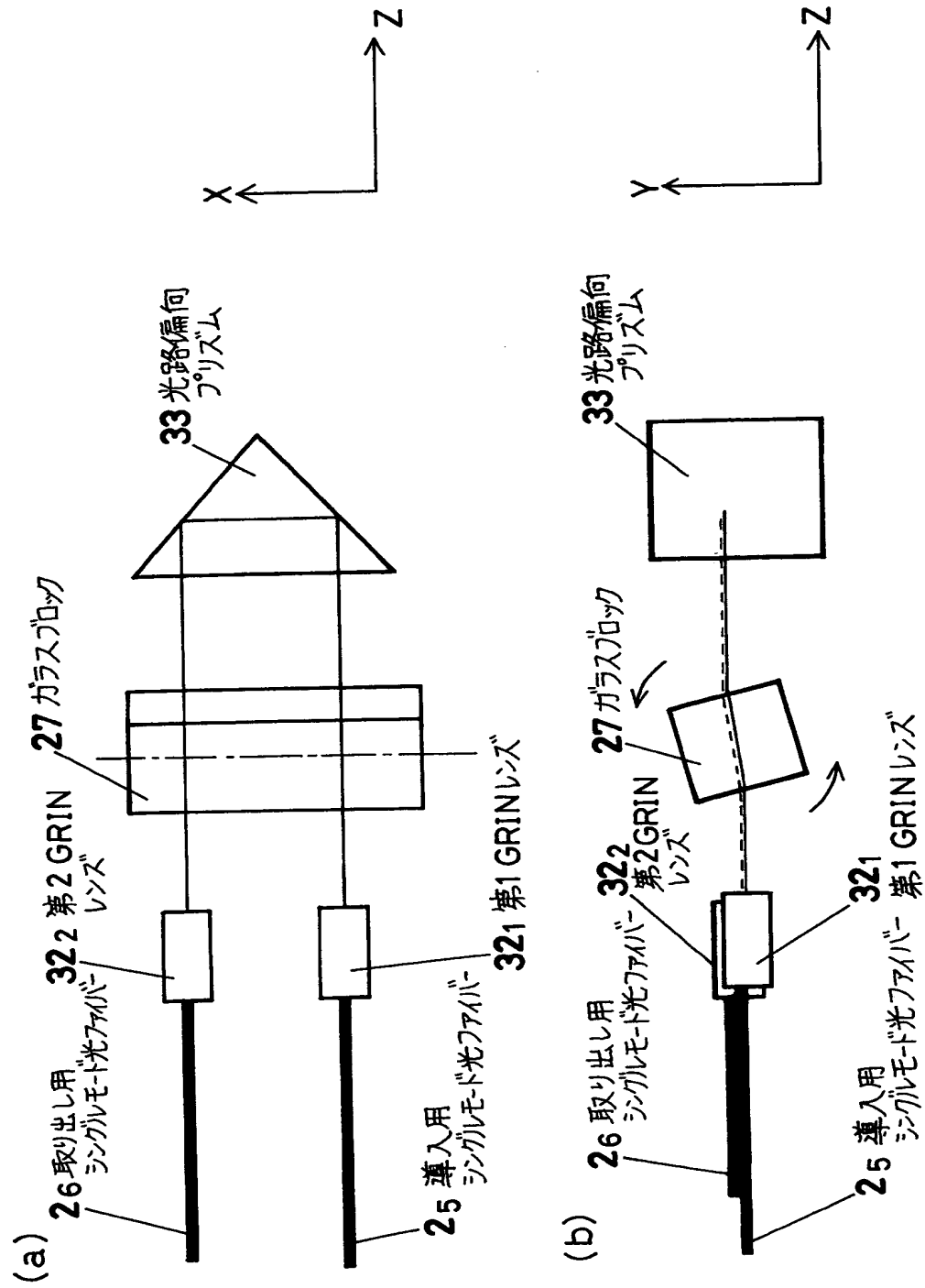
【図 1 1】



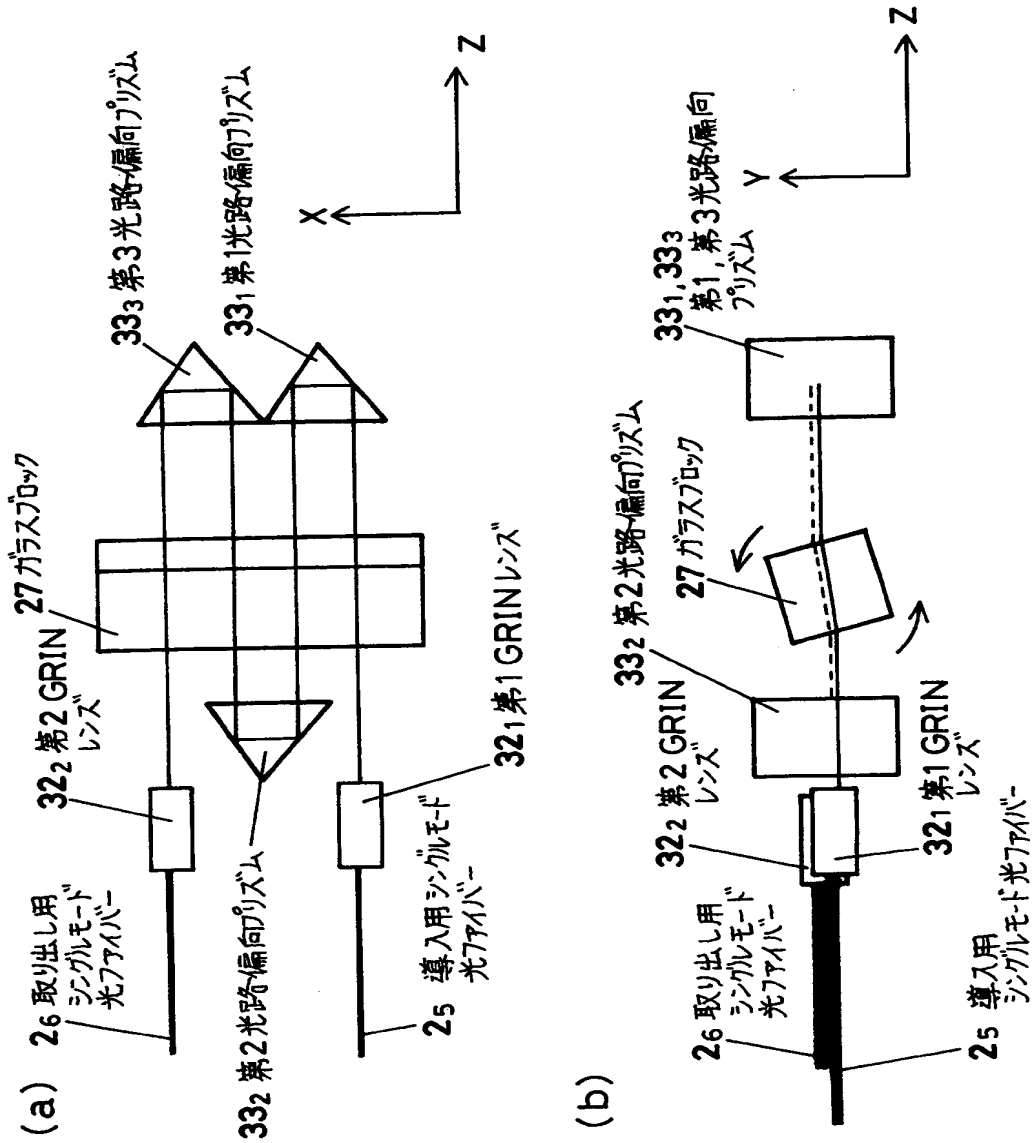
【図 12】



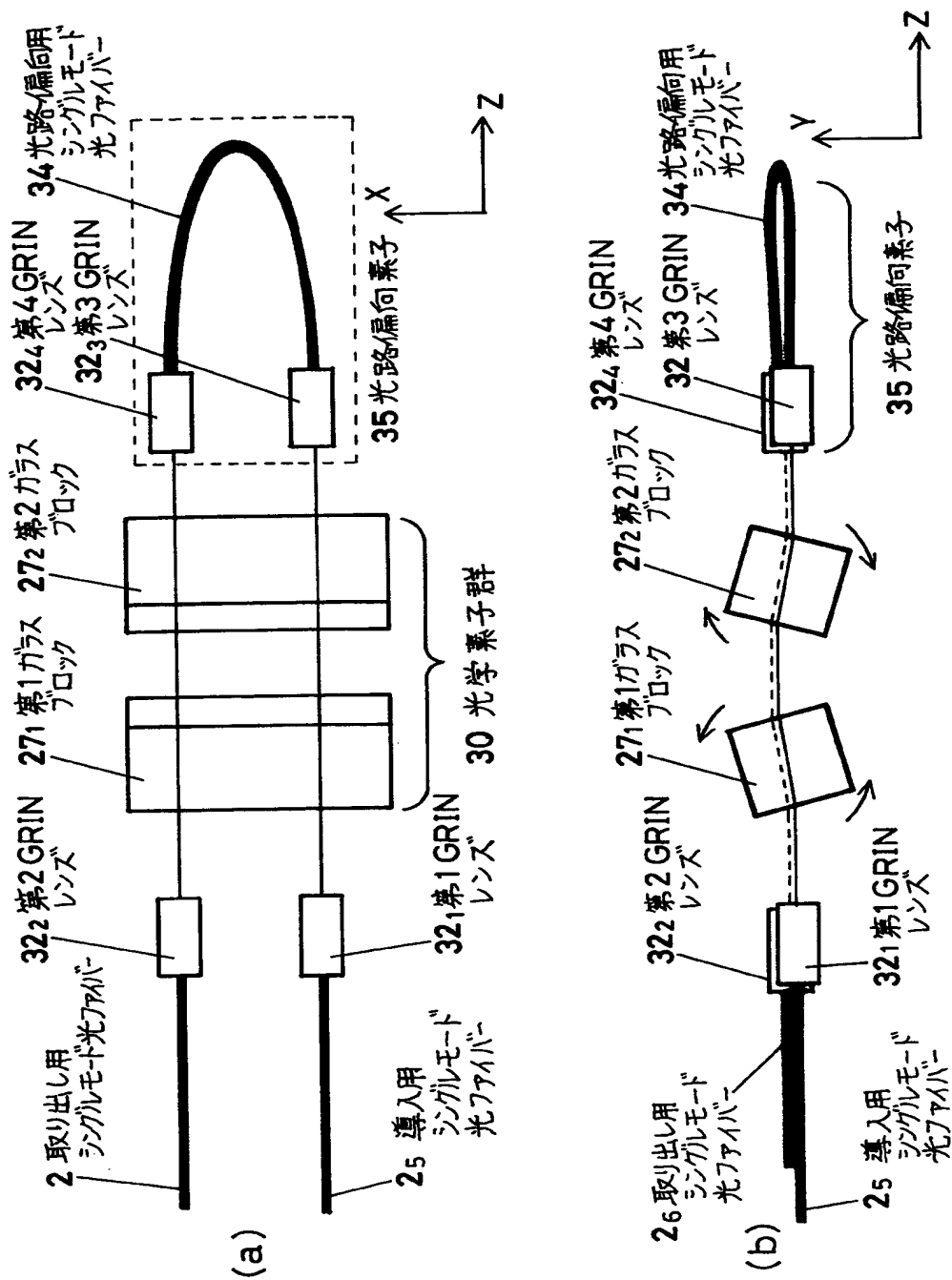
【図 1 3】



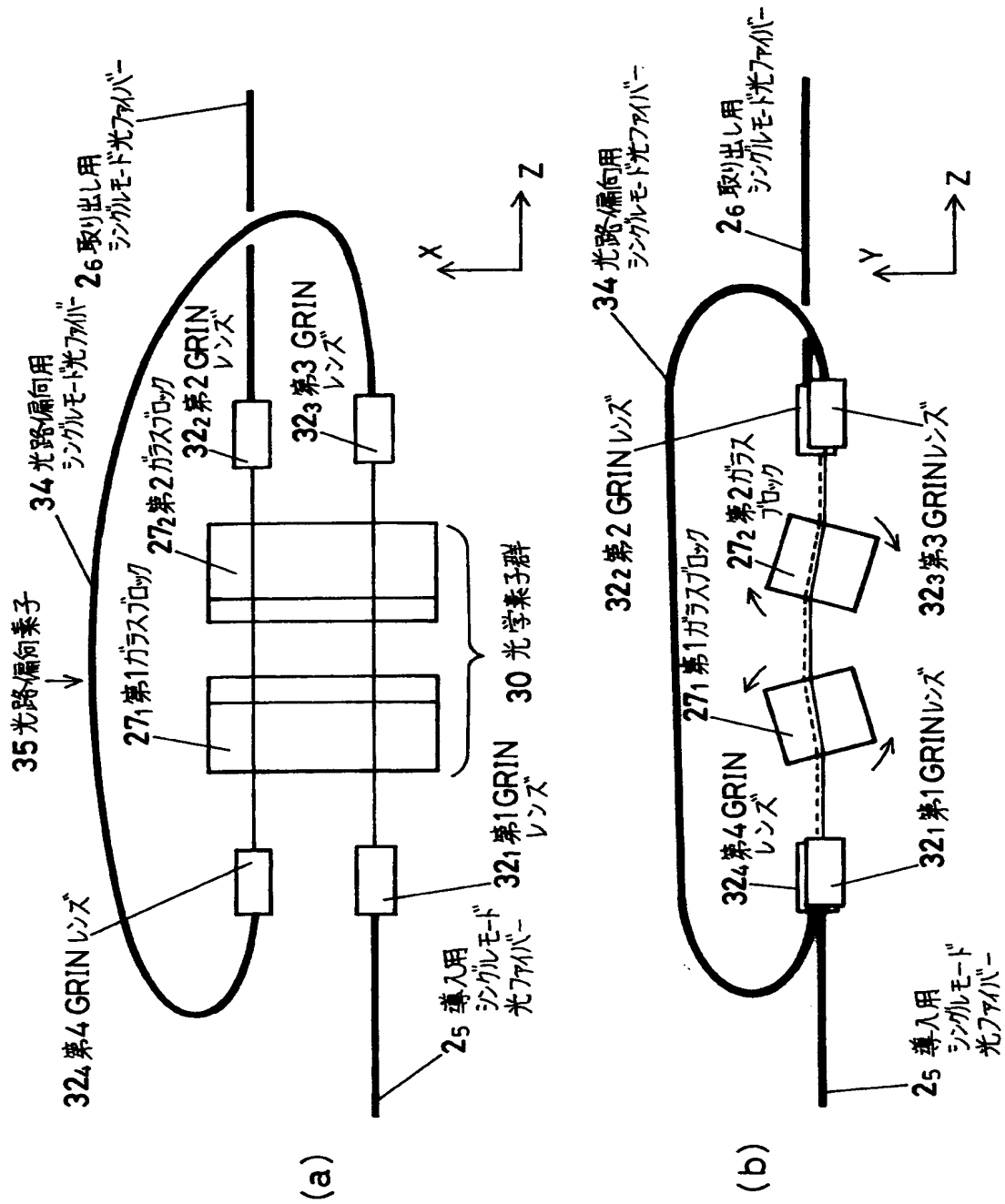
【図 1 4】



【 図 1 5 】

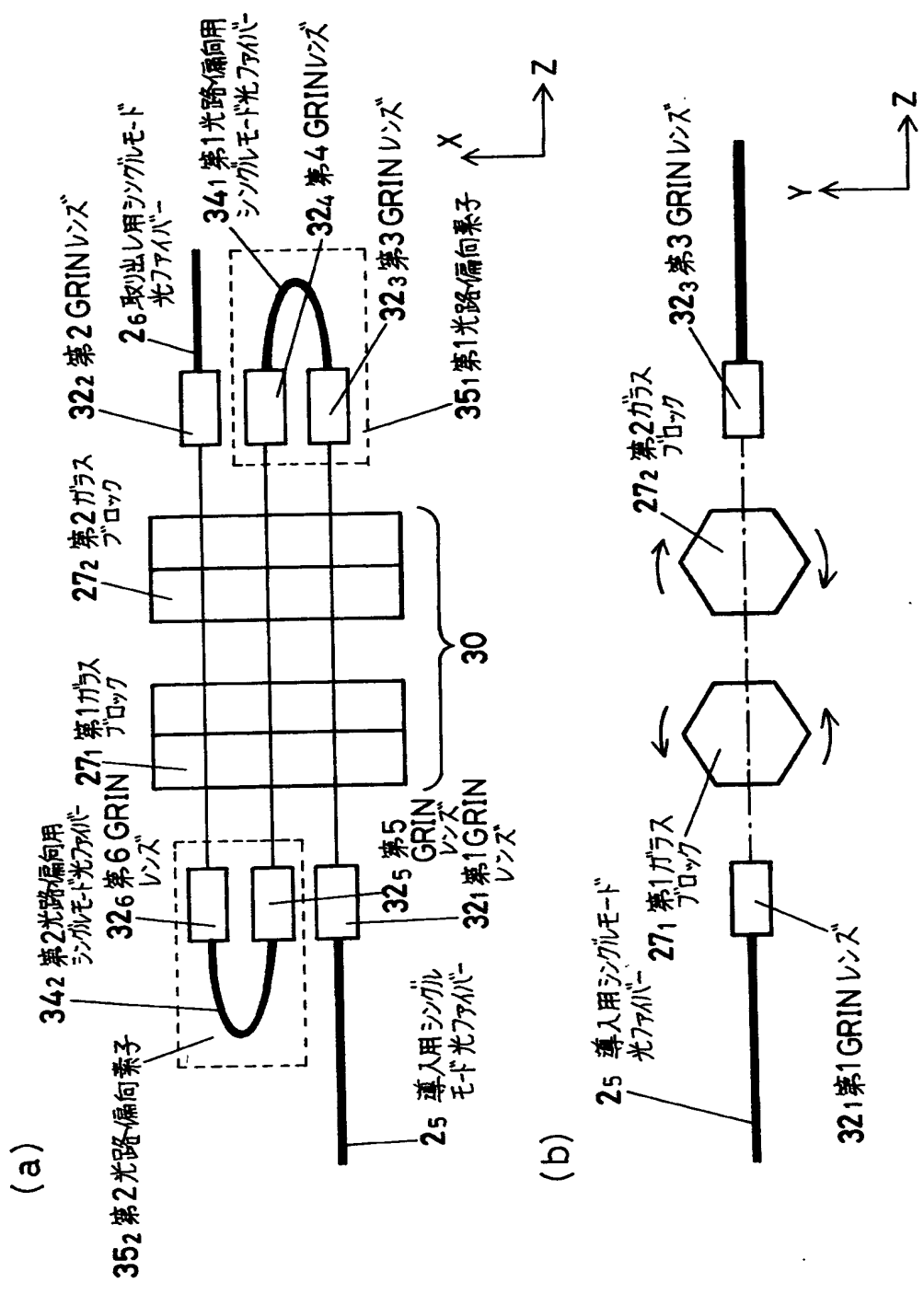


【図 16】

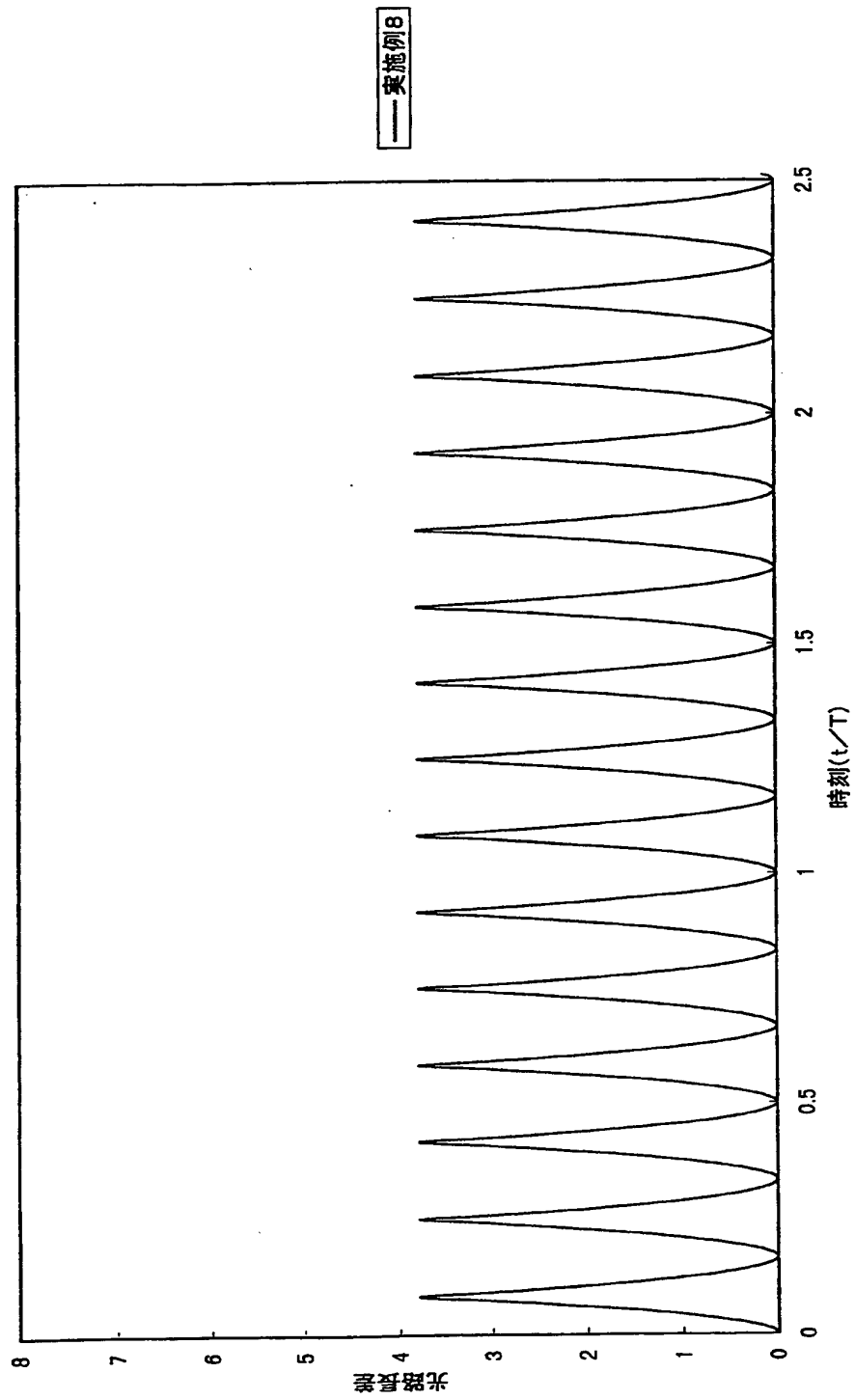




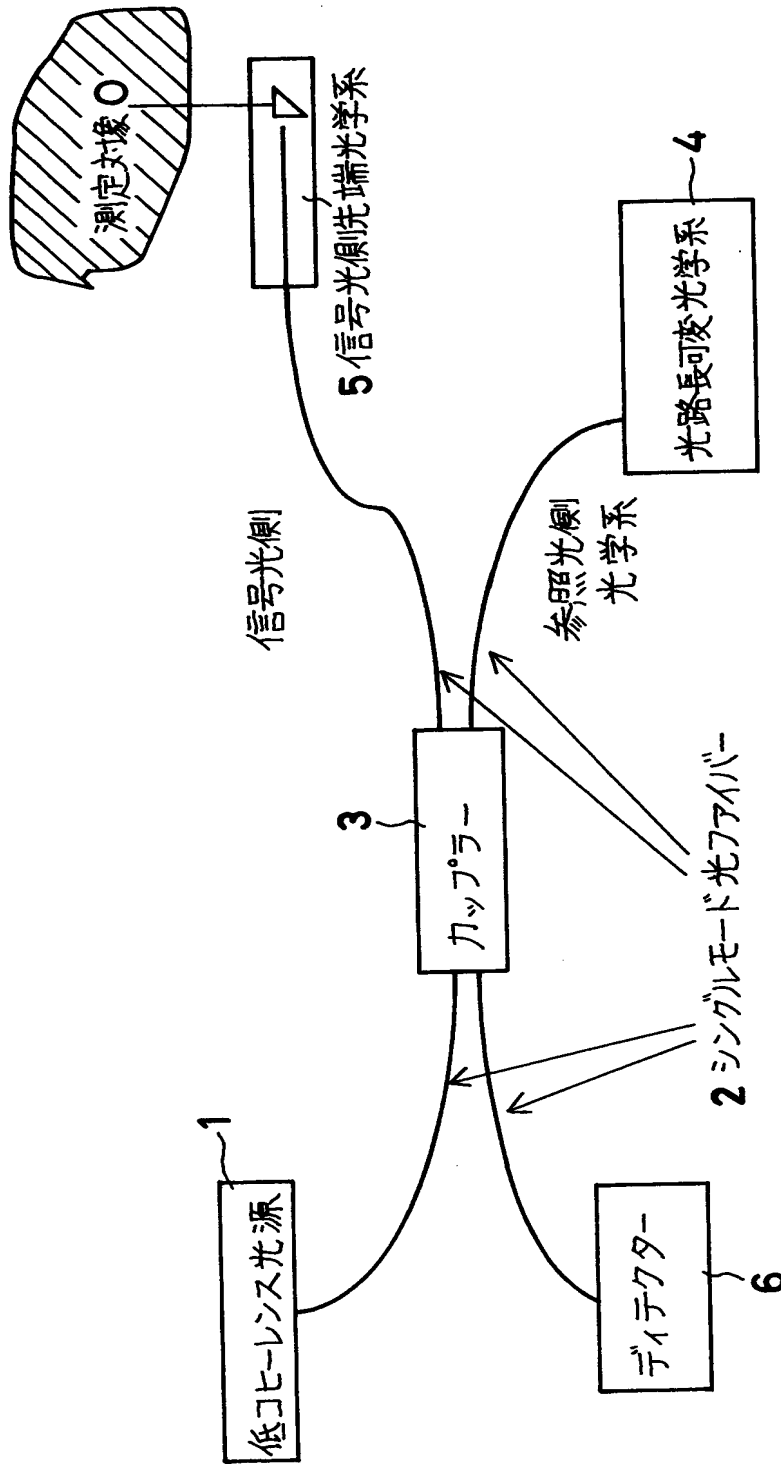
【図 17】



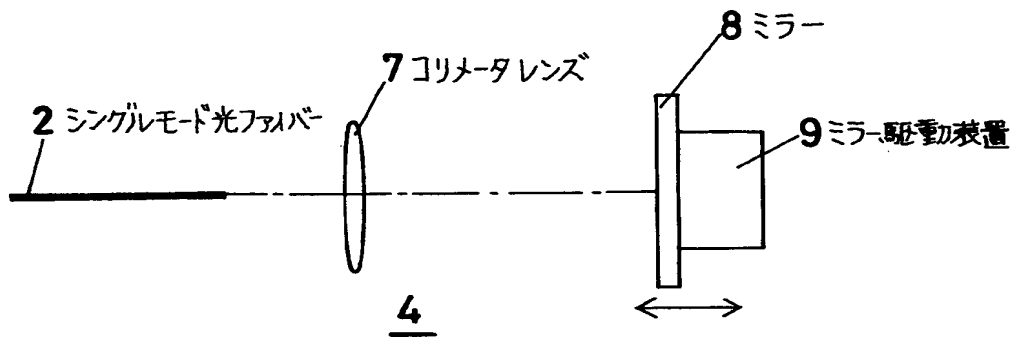
【图 18】



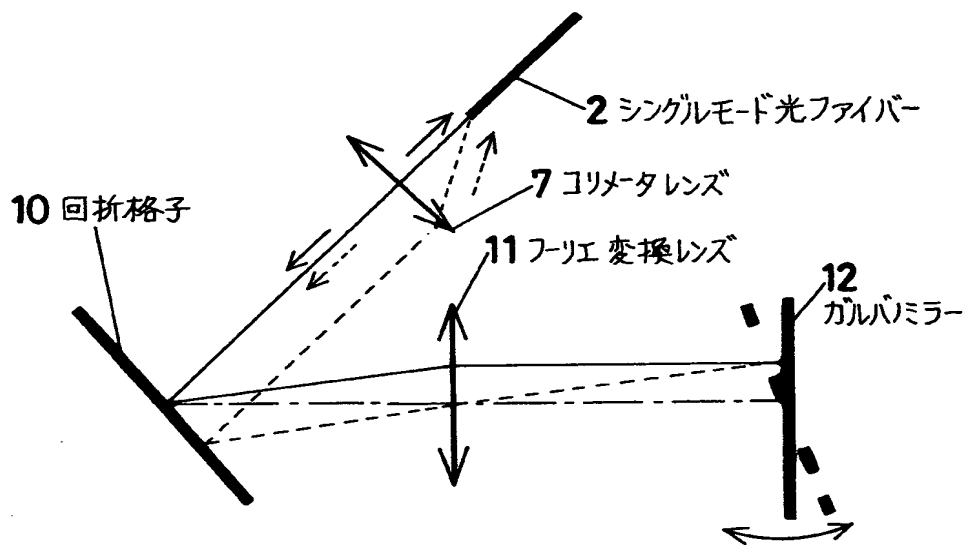
【図 19】



【図 2 0】



【図 2 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速で、スキャン範囲が広く、光の強度の変化が少なく、温度特性が安定な光路長可変光学系を得て、食道や胃、腸等の良好な断層の動画を得る。

【解決手段】 光源 1 からの低コヒーレンス光を信号光と参照光に分け、信号光を観察物体に照射した後再び信号光を参照光と合成させて干渉させ、干渉信号を取るときに、参照光側又は信号光側に光路長可変光学系を設けて光路長を変化させることにより観察物体の断層構造を観察する光診断装置において、光路長可変光学系 24 は、導入用シングルモード光ファイバー 2<sub>5</sub> と、コリメータレンズ 29 と、集光レンズ 31 と、取り出し用シングルモード光ファイバー 2<sub>6</sub> と、互いに平行な面を持った光学素子 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> で構成され、その光学素子 27<sub>1</sub>、27<sub>2</sub> を偶数回通過させ、かつ、回転させることで光路長を変化させる。

【選択図】 図 11

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名	オリンパス光学工業株式会社